

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

ENSINO ASSISTIDO POR COMPUTADOR: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS
DA ERGONOMIA E DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NUM AMBIENTE HIPERTEXTO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

FERNANDO LUIZ MIELKE

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
OUTUBRO DE 1991



0.197.617-9

UFSC-BU

ENSINO ASSISTIDO POR COMPUTADOR: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS
DA ERGONOMIA E DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NUM AMBIENTE HIPERTEXTO

FERNANDO LUIZ MIELKE

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO

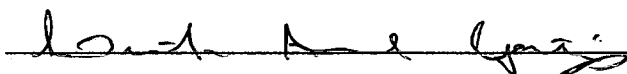


Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.

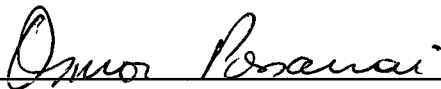
Orientador

Coordenador da Pós-graduação

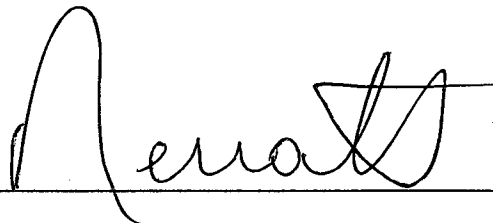
BANCA EXAMINADORA:



Leila Amaral Gontijo, Dr. Ing.



Osmar Possamai, Dr. Ing.



Renato Antônio Rabuske, Ph.D.

às pessoas honestas
consigo e com o mundo

AGRADECIMENTOS

A Neri dos Santos, pela sugestão do tema e orientação.

A CAPES, pela contribuição financeira.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões e críticas construtivas.

Aos professores e funcionários do departamento de Engenharia de Produção, pelos serviços prestados.

Aos colegas, pelo apoio e partilhamento dos problemas.

RESUMO

A motivação para a elaboração deste trabalho provém da relativa ineficiência dos sistemas de ensino atuais, e da necessidade de construir-se ferramentas de ensino mais modernas. Os recursos tecnológicos que possuímos atualmente nos permitem modernizar o ensino, tanto no aspecto de velocidade de formação de pessoas, quanto no aspecto de satisfação para quem aprende.

Este trabalho procura criar uma estrutura de sistema de Ensino Assistido por Computador e sugere uma sequência de desenvolvimento desta estrutura.

As bases deste trabalho são o hipertexto, a ergonomia e a inteligência artificial, além de inúmeros trabalhos publicados com relação ao Ensino Assistido por Computador. A utilização de conceitos de hipertexto nos permite dar ao sistema características gráficas avançadas e um modo de interação dinâmico e rápido. A ergonomia nos permite, por um lado, a otimização das cargas de informações transmitidas e tratadas pelo usuário. Por outro lado, uma perfeita interação com o usuário, do ponto de vista externo. A inteligência artificial possibilita a elaboração de um sistema flexível e que se adapta ao usuário.

ABSTRACT

The motivation to the elaboration of this work comes from the relative inefficiency of the actual teaching systems and from the necessity to build more modern teaching tools. The technological resources that we have now allow us to modernize teaching in the aspects of velocity of formation of people and satisfaction to the one who learns.

This work aims to create a structure of Computer-Assisted Instruction system and suggests its sequence of development.

The basis of this work are hipertext, ergonomy and artificial intelligence, besides a great number of published works related to Computer-Assited Instruction.

The utilization of hipertext concepts allows us to give to the system advanced graphic characteristics and a dynamic and fast interaction mode. Ergonomy allows us, on one hand, to optmize the charge of information that is transmited to and dealed by the user. On the other hand, it permits a perfect interaction with the user, from the external point of view. Artificial intelligence makes it possible to elaborate a flexible and user-ajustable system.

SUMARIO

CAPITULO I - INTRODUÇÃO	1
1. Considerações Sobre o Ensino	1
2. Histórico	4
3. Vantagens do Ensino Assistido por Computador	9
CAPITULO II - OBJETIVOS E METODOLOGIA DO TRABALHO	11
1. Objetivos do Trabalho	11
2. Metodologia Empregada	11
3. Justificativa da Metodologia	12
4. Limitações do Trabalho	13
CAPITULO III - ESTADO DA ARTE DOS SISTEMAS DE ENSINO INTELIGENTE ASSISTIDO POR COMPUTADOR	14
1. Introdução	14
2. Tipos de Sistema ICAI	14
3. Os Módulos Principais de um Sistema Inteligente de Ensino Assistido por Computador	16
3.1. O Conhecimento do Domínio a Ser Ensinado	16
3.1.1. A Transferência de Habilidades	17
3.1.2. A Natureza do Significado	18
3.1.3. Sequenciamento do Conhecimento	19

3.2. O Modelo do Estudante	20
3.2.1. Modelação do Conhecimento do Estudante	21
3.2.2. Os Erros Cometidos pelo Estudante	22
3.3. As Estratégias de Ensino	22
3.4. A Comunicação Usuário-Sistema	25
4. Limitações do Ensino Assistido por Computador	26
5. Conclusão	28
 CAPITULO IV - HIPERTEXTO	 29
1. Introdução	29
2. Origem do Hipertexto	30
3. Estado da Arte	30
4. Funcionamento	32
5. Vantagens em Relação aos Documentos Impressos	40
6. Como Projetar uma Aplicação em Hipertexto	40
7. Características Desejáveis numa Aplicação de Hipertexto	42
7.1. Clara Identificação dos Pontos de Onde Partem as Ligações	42
7.2. Múltiplos Pontos de Entrada	42
7.3. Utilização de Mapas	43
7.4. Recursos de Busca	43
7.5. Aplicações de Módulos de Ajuda "On-line"	44
7.6. Possibilitar a Grifagem de Trechos Relevantes	44
7.7. Agrupamento de Nodos em Apenas uma Composição	44
7.8. Consideração de Várias Versões para as Aplicações	45
8. Conclusão	45

CAPITULO V - CONSIDERAÇÕES ERGONOMICAS PARA O DESENVOLVIMENTO	
DE UM SISTEMA DE ENSINO ASSISTIDO POR COMPUTADOR	46
1. Introdução	46
2. Aprendizagem e Análise Ergonômica do Trabalho Mental	47
3. Análise Ergonômica do Trabalho Mental	50
4. Ergonomia das Interfaces Homem-Computador	55
5. A Aplicação da Psicologia Cognitiva	59
6. Princípios Gerais para a Concepção de Interfaces	61
6.1. Modos de Diálogo	61
6.1.1. Menus	62
6.1.2. Linguagem de Comandos	62
6.1.3. Teclas-Função	63
6.1.4. Modo Questão-Resposta	63
6.2. Apresentação de Informações	63
6.3. Entrada de Informações	65
6.4. Mensagens	66
6.5. Tempo de Resposta	66
6.6. Orientação ao Usuário	67
6.7. Tratamento de Erros	68
7. Conclusão	68
CAPITULO VI - INTELIGENCIA ARTIFICIAL E O ENSINO ASSISTIDO	
POR COMPUTADOR	70
1. Introdução	70
2. Conceitos Fundamentais de Inteligência Artificial	72
3. Aquisição de Conhecimentos	74

4. Representação de Conhecimentos	77
4.1. Redes Semânticas	77
4.2. Triplas Objeto-Atributo-Valor (O-A-V)	78
4.3. Estruturas ("Frames")	79
4.4. Regras	80
4.5. Expressões Lógicas	80
5. Conclusão	81

CAPITULO VII - MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE ENSINO INTELIGENTE ASSISTIDO POR COMPUTADOR	83
1. Introdução	83
2. Um Modelo de Sistema de Ensino Inteligente Assistido por Computador	83
2.1. Conjunto de Nodos do Hipertexto	85
2.2. Arquivos de Controle do Hipertexto	87
2.3. Avaliação do Estudante	93
2.4. O Modelo do Estudante	95
2.5. O Programa de Controle	97
3. A Sequência para Construção do Modelo de Sistema EIAC	97
3.1. Planificação dos Conhecimentos a Serem Transmitidos	98
3.2. Refinamento do Plano de Transmissão dos Conhecimentos Através de Considerações Ergonômicas	99
3.3. Elaboração da Representação Gráfica dos Conhecimentos e dos Nodos do Hipertexto	100
3.4. Programação de um Ambiente de Apresentação Utilizando o Conceito de Hipertexto	101

3.5. Programação de um Módulo de Avaliação do Estudante	101
3.6. Análise Ergonômica e Didática da Utilização do Sistema e Correções	102
4. Conclusão	103
	xi
CAPITULO VIII - CONCLUSOES E SUGESTOES DE FUTUROS TRABALHOS	104
1. Conclusões	104
2. Sugestões de Futuros Trabalhos	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107

CAPITULO I

INTRODUÇÃO

1. Considerações Sobre o Ensino

Todos os bens e serviços presentes num país, que contribuem para elevar o nível de vida de sua população não surgem por acaso, como algumas pessoas até podem pensar. São pessoas, e somente pessoas, que podem construir, transformar matérias-primas em produtos finais, ou prestar serviços. Para isso, é fundamental que essas pessoas possuam duas características: saber fazer os produtos (ou prestar os serviços) e querer fazê-los. De nada nos adianta pessoas que saibam como agir mas que não tenham disposição para tal, ou pessoas que tenham disposição mas não sabem fazer. É necessário que elas apresentem as duas características.

— No Brasil, a falta de pessoas que saibam fazer as coisas, em todos os níveis de conhecimento, é muito grande. Isso não só faz com que o país seja dependente tecnologicamente de outros países, mas também é responsável pelo baixo nível de vida da população. Produzir bens ou serviços é, em última análise, resolver problemas. Para resolver problemas são necessárias pessoas com conhecimentos, informações, metodologias, o que se consegue através da educação formal.

Por outro lado, não se pode negar que a educação é uma atividade cara, pois são necessários anos de investimentos nas pessoas para torná-las boas "solucionadoras" de problemas. Além do mais, os custos relativos à educação são agravados quando, depois de muitos anos de investimentos, a pessoa não se mostra plenamente capaz de desempenhar a função para a qual foi teoricamente formada, por falta de qualidade na educação e no seu treinamento.

No Brasil, um país com uma população crescendo ainda rapidamente, os problemas não se restringem somente aos custos financeiros da educação, mas também à falta de bons educadores. A formação de pessoas capacitadas a educar, não apenas no aspecto pedagógico, mas principalmente no aspecto técnico, é muito demorada e não consegue acompanhar o crescimento da população. A tendência é a queda do nível de vida dessa população.

Voltando ainda à questão da baixa qualidade de ensino, não se pode deixar de observar que um grande fator que influencia nos problemas de qualidade de ensino (e isso não apenas no Brasil) é o modo tradicional como ele é realizado. Em vários lugares do mundo encontra-se a típica sala de aula, onde vários alunos com personalidades, aptidões, experiências passadas e preparo muitas vezes diferentes, "acompanham" uma única linha de raciocínio provida pelo professor. Na prática, esse acompanhamento não ocorre, o que não é difícil de entender. Ao parar-se para analisar o assunto, percebemos que os vários alunos de uma sala de aula não podem dispor, num determinado instante, dos mesmos conhecimentos, com a mesma clareza, para aprender a resolver problemas. Isso não somente torna o ensino ineficiente, mas também a atividade de

aprender muito desagradável. Esta é uma das grandes falhas do ensino contemporâneo.

Por fim, não se pode deixar de comentar a ferramenta mais comum do ensino contemporâneo, principalmente em níveis mais avançados: o livro. O livro mantém todas as características de inflexibilidade e inadaptabilidade da sala de aula tradicional, com alguns fatores agravantes. Numa sala de aula é permitida uma certa adaptação, ainda que pequena, ao estilo preferido dos estudantes ou aos conhecimentos prévios que eles devem dispor para compreender determinado assunto. O livro é totalmente inflexível neste ponto, tornando muito difícil o aprendizado auto-didático. Ao escrever um livro, seu autor imagina um determinado domínio de conhecimentos que os leitores supostamente terão. O que ocorre com frequência é que os leitores não têm os conhecimentos que o autor do livro supunha, tornando a leitura maçante e desmotivadora. Além disso, determinados tópicos nos quais o leitor precisa se aprimorar são abordados muito superficialmente, ou ainda, outros tópicos que o leitor domina bem, são muito extensos.

Resumindo, o livro não apresenta nenhuma capacidade de se adaptar, à medida que é usado, às características do leitor. Ele não é, na maioria dos casos, ergonomicamente concebido para quem quer aprender, mas sim para quem já sabe.

Por outro lado, constata-se que o desenvolvimento tecnológico ocorreu em vários setores de atividade da sociedade moderna, mas no setor de ensino permaneceu estagnado. Uma forte razão para tal é que a atividade de ensinar é sobretudo uma atividade "inteligente". É preciso identificar as aptidões do estudante, seus conhecimentos prévios, seus objetivos, avaliar e equilibrar a

"carga mental" sobre ele e seguir, a partir daí, uma sequência de passos que vão aprimorar o seu desempenho em relação a um determinado problema.

Atualmente, com o advento da inteligência artificial, se está mais próximo de poder simular esse comportamento através de um computador. Além disso, percebe-se empiricamente que o uso de ferramentas gráficas aprimora muito a comunicação, apesar disso ainda não ter sido totalmente explicado cientificamente.

Dentro deste contexto, então, é objetivo desta dissertação, modelar um sistema informático que efetivamente simule o comportamento de um tutor humano. Ele deve se adaptar ao estudante e não apenas transformar o computador numa máquina de transmitir informações, ou seja, um livro eletrônico. Este sistema será voltado para o ensino individualizado, não somente pelas características do computador, mas principalmente pelos problemas do ensino em grupo, citados anteriormente.

2. Histórico

Segundo Picard & Braun³², as primeiras experiências da informática no ensino ocorreram a mais de vinte anos. Elas surgiram com a conjunção do trabalho de psicólogos e do desenvolvimento dos computadores.

Porém, já em 1925 o psicólogo americano Sydney L. Pressey inventara uma máquina que corrigia automaticamente testes constituídos de uma série de questões de múltipla escolha. Essa máquina informava imediatamente o desempenho do sujeito, tanto bom quanto ruim. Só era apresentada uma nova questão quando o sujeito acertava a questão anterior.

Burrhus F. Skinner é outro psicólogo americano que se interessou pela automatização do ensino. Ele é considerado o pai do ensino programado. Para Skinner³⁶, o motor do processo de aprendizagem é o reforço. Dessa forma, a atividade de aprendizagem consiste em organizar o ambiente do aprendiz por progressão a pequenos passos, sempre fornecendo um reforço, tanto negativo quanto positivo. O aprendiz tem, contudo, liberdade para seguir em seu próprio ritmo. Todos os alunos passam pelas mesmas etapas. Dessa forma este tipo de programa é chamado linear. O ensino programado linearmente acontece em três etapas:

- apresentação do conteúdo ao aluno, de maneira que ele chegue, a pequenos passos, ao comportamento desejado;
- resposta do aluno;
- indicação pelo programa se a resposta está correta. Caso esteja correta é apresentado o passo seguinte, o qual já está pré-determinado.

Segundo Picard & Braun³², "se a programação skinneriana realmente releva a importância do reforço e da individualização, estas duas características são superficialmente utilizadas. O reforço não é importante, a não ser após uma resposta correta. O grau de individualização que o aluno obtém limita-se a decisão de em que ritmo de aprendizagem seguir."

Em 1959, surge com Norman A. Crowder a idéia de programação ramificada. Ele argumentava que o problema essencial da instrução programada é o controle do processo de comunicação pela retroação. A resposta do aluno serve não somente para determinar a eficácia do processo de comunicação, mas também para desencadear uma ação corretiva apropriada. Ele considerava importante a

necessidade de responder a todo instante às necessidades do aluno, implicando isso numa análise de suas respostas. Dessa forma, a individualização não se refere apenas ao ritmo de aprendizagem, mas também ao conteúdo.

Na programação ramificada a retroação era utilizada principalmente na correção de erros de compreensão do aluno. Porém a individualização ainda era bastante limitada.

Além de Skinner e Crowder, outro psicólogo cujas idéias são utilizadas no ensino é o suíço Jean Piaget. Segundo Piaget³², o aprendiz deve ser posto numa situação de aprendizagem onde ele constroi e explora novos conhecimentos ao invés de simplesmente seguir uma sequência pronta de passos. Para ele, as funções essenciais da inteligência são criar e inventar, ou seja, construir estruturas que modelem a realidade e reorganizar os esquemas anteriores de conhecimento.

Assim, tem-se duas abordagens relativas ao método de ensino comparadas no quadro 1, extraído de Picard & Braun³²:

Foi justamente influenciado pelos movimentos de instrução programada, na década de 60, nos Estados Unidos, que o computador começou a ser utilizado na automação do ensino.

A partir de 1965 surgem os primeiros projetos em grande escala na área de Ensino Assistido por Computador.

Na época, como nos afirma Nievergelt²⁸, os principais argumentos utilizados pelos pesquisadores do Ensino Assistido por Computador eram os seguintes:

- Educação é uma atividade de trabalho intenso;
- Tecnologia aplicada a outras atividades de trabalho intenso tivera grandemente aumentado a produtividade no passado;

ABORDAGEM DIDÁTICA
(comportamentalista)

- centrada no professor
- impõe um tema ao aluno
- guia o aluno
- verifica a aquisição de conhecimento e propõe exercícios de reforço
- transmite conhecimentos
- o erro é penalizante
- o aluno adquire conhecimentos

ABORDAGEM GENÉTICA
(cognitivista)

- centrada no aluno
- o aluno é posto numa situação de descoberta
- deixa o aluno livre a descobertas
- explora pela curiosidade e interesse do aluno seu potencial cognitivo
- permite a auto-construção do saber graças à atividade
- experimentação: não existe revés total
- o aluno elabora suas próprias estruturas mentais

Quadro 1 - Abordagens de Métodos de Ensino³².

- Com a instrução programada como uma estratégia de ensino e com o computador como um dispositivo de apresentação, finalmen-

te tinha surgido uma tecnologia da educação;

- CAI (Computer-Assited Instruction) aperfeiçoaria a educação num futuro próximo, tornando-a mais eficaz e barata;

No entanto, já na década de 70 o otimismo inicial não mais existia. Era necessária uma reorientação do assunto. As principais considerações que surgiram nessa época são as seguintes:

- Instrução programada não era uma tecnologia de instrução universal, ou seja, seu domínio de aplicabilidade é limitado;

- Não é razoável restringir-se a poucas estratégias de ensino, principalmente as que impõem um rígido controle do diálogo pelo programa. Estratégias onde o aprendiz controla o diálogo deveriam ser enfatizadas;

- Sistemas CAI ainda eram bem mais caros do que a sala de aula convencional.

Dessa forma, os sistemas CAI passaram por um ligeiro descrédito e somente com a posterior utilização da inteligência artificial e com a consideração de conceitos de ergonomia é que eles efetivamente tornaram-se grandes ferramentas de ensino em potencial.

Contudo, apesar do progressivo desenvolvimento do Ensino Assistido por Computador, cabe ressaltar a opinião de pessoas envolvidas no assunto já há um bom tempo, com relação à substituição dos professores por computadores. Segundo Picard & Braun³², isso nunca acontecerá. Eles consideram a informática como simplesmente uma ferramenta que ajudará os professores na sua tarefa, aliviando-os dos seus aspectos mais mecânicos.

Schank³⁵, considera os computadores excelentes professores particulares. Ele acredita que se se dispor de um sistema especialista muito bem preparado sobre determinado assunto, ele seria muito valioso para ensinar pessoas pacientemente. Não obstante, ele também considera o computador apenas uma ferramenta que auxiliará o professor nas tarefas repetitivas, deixando mais tempo para que ele trabalhe como líder e conselheiro, encorajando as pessoas.

Efetivamente não se pode desconsiderar o papel do professor como agente motivador no ensino. E nesta tarefa, provavelmente, o computador não será capaz de substituir o professor, já que ela depende bastante de um apoio psicológico que ele exerce sobre seus alunos, não somente mantendo-os no local de ensino, mas também através de cobranças de metas pré-estabelecidas. Dessa forma, cabe ao computador apenas a tarefa de transmitir os conhecimentos desejados e treinar repetitivamente o aluno até que ele apresente o desempenho pré-estabelecido.

3. Vantagens do Ensino Assistido por Computador

Segundo Picard & Braun³², o computador mostra-se bem adaptado para a tarefa de ensino, pois apresenta as seguintes características:

1. Possibilidade de apresentar linearmente uma decomposição do tema tratado em módulos;
2. Sua capacidade de cálculo permite uma verificação rápida das respostas do aluno;
3. Sua capacidade de memorização permite não somente o registro das respostas do aluno, mas também o acesso seletivo às

informações registradas;

4. Permite uma apresentação interessante de um conteúdo, aliando texto, gráficos, som e animação;

5. Permite uma comunicação interativa, recebendo respostas do aluno, tratando-as e emitindo novas questões ou correções das respostas, gerando assim uma progressão pedagógica;

6. Pode superar obstáculos geográficos quando conectado a uma rede de comunicações;

7. Repete incessantemente, sem apresentar fadiga ou impaciência, os mesmos programas;

8. Permite uma formação individualizada por aluno, ou seja, adaptada ao seu ritmo e interesse próprios;

9. Suprime a rigidez atual quanto ao lugar e hora de formação;

10. Possibilita que o professor se concentre mais nos aspectos criativos da formação, deixando os aspectos repetitivos para o computador.

CAPITULO II

OBJETIVOS E METODOLOGIA DO TRABALHO

1. Objetivos do Trabalho

O objetivo geral desse trabalho é propor um modelo de sistema de Ensino Inteligente Assistido por Computador (ICAI). Este modelo englobará aspectos de Inteligência Artificial, Ergonomia e Hipertexto. Do ponto de vista prático, tal modelo será empregado no desenvolvimento de aplicações que visam:

- a) a elaboração de uma ferramenta de auxílio ao ensino-aprendizagem na área tecnológica, particularmente no projeto de produtos;
- b) tornar a aprendizagem uma atividade de auto-motivação, facilitando ao estudante a obtenção de novos conhecimentos, sem sobrecarregá-lo mentalmente ou exigir dele tarefas que não tenha condições de realizar.

2. Metodologia Empregada

A metodologia proposta neste trabalho parte dos conceitos básicos da ergonomia cognitiva, aliados aos princípios da inteligência artificial e do ambiente hipertexto; para estabelecer um modelo de ensino inteligente a ser aplicado nas diversas disci-

plinas da área tecnológica.

Neste sentido, procura-se mostrar os fundamentos metodológicos da ergonomia cognitiva, da inteligência artificial e de sistemas do tipo hipertexto, que serão aplicados no modelo proposto.

3. Justificativa da Metodologia

A justificativa da utilização das três áreas de conhecimento na especificação do nosso modelo reside nos problemas enfrentados pelo ensino já comentados no capítulo I.

O hipertexto nos servirá como um meio de transmitir os conhecimentos ao estudante. É um meio que se adapta muito bem a esta tarefa, tanto pela sua flexibilidade para relacionar assuntos correlatos, quanto pela possibilidade de representá-los através de figuras, animações, textos, separada ou conjuntamente. Descrever-se-á o funcionamento de um hipertexto com mais precisão no capítulo IV.

A importância da ergonomia cognitiva reside no fato de se estar trabalhando com a aprendizagem, que segundo Vergara³⁹, é uma atividade essencialmente mental, incluindo processos de organização, integração, armazenamento e recuperação de informações da memória. Deve-se conhecer os mecanismos de memorização (memória sensorial, de curto e de longo termo) para se obter um aprendizado eficiente. Isso significa que se pode exercer atividades onde se aprende muito quando se considera aspectos cognitivos humanos. O capítulo V é dedicado à ergonomia cognitiva, à análise ergonômica do trabalho mental e à ergonomia de interfaces.

Finalmente, a utilização da inteligência artificial faz-se indispensável, visto que o ensino-aprendizagem exige a identificação dos conhecimentos do aprendiz, avaliação destes conhecimentos e a determinação de suas características. Por isso serão abordados alguns fundamentos de inteligência artificial e sistemas especialistas e será feito um apanhado da situação do desenvolvimento de sistemas de Ensino Inteligente Assistido por Computador, a nível mundial, de onde foram recolhidas sugestões valiosas para o desenvolvimento do nosso modelo.

4. Limitações do Trabalho

Uma vez que se pretende desenvolver aplicações a partir do modelo desenvolvido, ele deve se adaptar aos recursos de "hardware" disponíveis. O modelo foi idealizado pensando-se na sua implantação nas estações de trabalho PROCEDA e utilizando parte do "software" PROGRAFI para o desenvolvimento do hipertexto. O modelo não se propõe a desenvolver ferramentas de inteligência artificial específicas.

CAPITULO III

ESTADO DA ARTE DOS SISTEMAS DE ENSINO INTELIGENTE ASSISTIDO POR COMPUTADOR

1. Introdução

Neste capítulo, procurar-se-á fazer um levantamento da situação das pesquisas a respeito de sistemas de Ensino Assistidos por Computador. Esse levantamento é muito importante, pois, desta forma, evitam-se erros já cometidos, bem como permite o uso de idéias valiosas já trabalhadas por outros autores. A ênfase dada aqui é com relação à sistemas inteligentes de ensino, visto que é o tipo de sistema que se pretende desenvolver.

2. Tipos de Sistemas ICAI

Em termos de dispositivos inteligentes de ensino, pode-se fazer uma distinção entre sistemas ICAI e ferramentas que meramente usam inteligência artificial de alguma forma. Os sistemas ICAI, tanto tutores quanto treinadores (coach), são capazes de iniciar uma interação com o usuário. Eles apresentam embutidos, não somente conhecimentos no domínio do assunto a ser lecionado, como também conhecimentos a respeito de estratégias de ensino e do estudante. Por outro lado, existem outras ferramentas de ensino não tão completas, que possuem apenas conhecimentos do domínio

a ser lecionado. E o caso, por exemplo, da linguagem LOGO, que dispõe de conhecimentos de geometria. No entanto, esta linguagem não apresenta qualquer tipo de conhecimento com relação a estratégias de ensino ou ao estudante.

Entre os sistemas ICAI completos, Dedel¹¹, faz uma distinção em dois grupos: tutores e treinadores. Tutores ICAI são orientados de maneira a prover uma fundamentação de conceitos pelos quais um estudante pode compreender um procedimento de resolução de problemas. A meta instrucional dessa abordagem descritiva de conhecimentos não é fazer com que o estudante decore a informação, mas fazer com que os conceitos aprendidos sejam desenvolvidos num contexto no qual habilidades procedurais sejam melhor entendidas. O estilo pedagógico de um tutor pode ser socrático ou orientado a apresentação. No estilo socrático, o tutor faz perguntas ao aprendiz, evidenciando seus atuais conhecimentos, processos cognitivos e valores. Se as questões são cuidadosamente escolhidas, as contradições emergem das crenças errôneas do estudante. A curiosidade gerada por essas contradições gera então, um bom ambiente para a introdução de novos conceitos. Já no estilo orientado a apresentações, o estudante não é tão motivado a descobrir por si as coisas. As informações lhe são transmitidas na ordem que o tutor acha mais conveniente para que se aprenda determinado assunto.

Independentemente do estilo pedagógico ser socrático ou orientado a apresentação, a meta da instrução é transmitir conhecimento descritivo que aprimore o entendimento de procedimentos, ao invés de ensinar habilidades procedurais diretamente.

Por outro lado, os sistemas treinadores dispõem de um modelo de resolução de problemas especialista que o estudante pode acessar enquanto pratica habilidades procedimentais num contexto realista. As atividades devem ser menos centradas em ações do instrutor do que numa situação tutorial. Assim, o aprendiz pode acumular experiência em ambientes desestruturados verídicos. Dessa forma, um treinador é um dispositivo projetado para desenvolver habilidades procedurais em situações onde se aprende fazendo, enquanto que o tutor provê uma abordagem mais centrada no instrutor, almejando construir uma fundamentação de conhecimento descritivo. A alternância entre estes dois extremos pedagógicos pode criar um ambiente de aprendizado muito poderoso.

3. Os Módulos Principais de um Sistema Inteligente de Ensino Assistido por Computador

Independentemente de ser um tutor ou um treinador, um sistema ICAI completo tem, a nível conceitual, quatro componentes principais: a base de conhecimentos a serem ensinados, um modelo do estudante, um módulo de estratégias de ensino e um módulo de comunicação homem-sistema. Obviamente, a interação entre esses quatro componentes deve ser projetada de forma que eles funcionem juntos e com fluência no processo de ensinar.

3.1. O Conhecimento do Domínio a Ser Ensinado

Segundo Bumbaca⁷, este módulo pode ser um componente especialista do sistema e deve gerar problemas e avaliar a precisão das respostas do estudante. Ele contém o conhecimento da área que está sendo ensinada e engloba os possíveis modos de raciocínio do

estudante. Atualmente, de acordo com Dedel¹¹, os principais temas de pesquisa com relação a esta parte dos sistemas ICAI são a transferência de habilidades, a natureza do significado e o sequenciamento do conhecimento.

3.1.1. A Transferência de Habilidades

Segundo Clancey⁹, pesquisadores, estudando o desempenho de especialistas, notaram que os processos cognitivos envolvidos parecem ser mais de reconhecimento do que raciocínio. O especialista baseia-se em anos de sua experiência prática, associando rapidamente a situação corrente a um padrão previamente encontrado. Ele somente apoia-se em conceitos teóricos e estratégias indutivas quando o problema parece ser novo, afirmam Larkin et al.²⁷. A proficiência em determinado assunto torna-se um processo cada vez mais automático e intuitivo, de rápido acesso a informações especializadas e interconectadas. Na engenharia de conhecimentos, que se encarrega de transferir conhecimentos de um especialista para uma arquitetura computacional, essa automaticidade, apresentada pelos especialistas, torna-se um desafio. O autêntico conhecimento do especialista é tácito e dessa forma difícil de ser comunicado a outros. A tarefa do engenheiro de conhecimentos é, então, segundo Johnson²⁴, sintetizar o conhecimento reconstruído (reportado pelo especialista) e o conhecimento autêntico (observado à medida que o especialista raciocina), em representações mecanicamente otimizadas, para resolução de problemas através de computador. Contudo, segundo Dedel¹¹, num sistema ICAI nem todo o conhecimento pode estar otimizado numa base de conhecimentos. Uma vez que os estudantes devem compreender as estratégias cognitivas

utilizadas na resolução de problemas, o sistema deveria ter um mecanismo de raciocínio transparente às pessoas, e não apenas se comportar como uma caixa-preta. Determinar exatamente o que deve ser explícito ao estudante e o que deve ser implícito, é ainda uma das questões pendentes nos sistemas ICAI.

Outro ponto que precisa ser levado em consideração é a complexidade da base de dados. Uma base de dados num sistema ICAI deve conter processos e idéias detalhadas. Uma base de conhecimentos genérica seria de pouca utilidade prática. Isso faz, como nos afirma Dede¹¹, que o desenvolvimento de um sistema ICAI seja demorado, já que para cada domínio as representações explícitas do conhecimento do especialista devem ser conceitualizadas e programadas.

3.1.2. A Natureza do Significado

Acredita-se que o aprendizado, a lembrança, a execução e a adaptação de procedimentos complexos são realçados com a transmissão de múltiplos níveis de conhecimento. Um procedimento ou processo pode ser entendido em quatro dimensões de significado: modelos mentais de como ele funciona, a tarefa e metas que ele atinge, as capacidades e limites do seu usuário e o contexto formado por outros processos onde ele está inserido:

a) Segundo Dede¹¹, os modelos mentais promovem um entendimento da conexão entre estrutura e função num sistema, bem como torna suposições explícitas e constrói um conhecimento de como o sistema se comporta. Dessa forma, as habilidades procedurais relacionadas com o sistema podem ser aplicadas com total certeza do seu significado causal e com um senso de justificativa teórica.

b) Ao entender a estrutura utilizada numa tarefa para o alcance do seu objetivo, o usuário compreende como os subprocedimentos de um processo estão atingindo porções da tarefa e porque o processo global segue um padrão específico de tempo. Além disso o contexto sistêmico da tarefa impõe certas limitações na maneira como ela pode ser completada, justificando a estrutura do procedimento.

c) As capacidades e limites humanos também devem ser consideradas no entendimento de procedimentos complexos. Os limites da memória de curto termo impõem uma carga cognitiva que pode retardar a execução de um procedimento. Dessa forma, os processos são normalmente projetados de maneira que seja minimizada a quantidade de dados que o usuário deve tratar internamente. Não se deve extrapolar os limites da capacidade humana, sob pena de ser concebido um procedimento pouco compreensível.

d) Os procedimentos aos quais determinado processo está relacionado fornecem uma estrutura de compreensão genérica. O aprendizado é aprimorado se um procedimento é relacionado com outros já entendidos.

3.1.3. Sequenciamento do Conhecimento

A maneira como as informações a serem transmitidas ao estudante são sequenciadas, depende basicamente do seu nível de desenvolvimento e compreensão, do método de ensino empregado e da estrutura evolucionária de informação contida no módulo da base de conhecimentos. Os dois primeiros serão vistos posteriormente, em seções especialmente a eles dedicadas. Quanto à estrutura evolucionária, pode-se dizer que ela é uma espécie de sumário de co-

nhecimento, de onde o tutor ou treinador selecionará o assunto a ser lecionado. Sua finalidade é dividir o conhecimento em subpartes sequenciadas, de maneira a refletir dificuldades progressivas e obedecer a apresentação de pré-requisitos.

De certa forma, o comportamento de especialistas pode ser analisado em termos de tarefas que vão compondo um curriculum de uma série de tópicos. Segundo di Sessa (1982), à medida que eles vão acumulando experiência e sabedoria, seu conhecimento progride ao longo de uma rede de estratégias de resolução de problemas cada vez mais sofisticada, de maneira que se possa inclusive elaborar um modelo que representa a progressão natural de um estudante médio.

No caso de uma efetiva incorporação desta estrutura evolucionária de informação à base de conhecimentos, não se pode deixar de considerar as diferenças existentes entre populações de estudantes distintas. Para cada população o nível de dificuldade e os pré-requisitos mudam.

3.2. O Modelo do Estudante

De acordo com Bumbaca⁷, o modelo do estudante representa o entendimento que o estudante tem do assunto que está sendo lecionado. Tem como objetivo determinar os mal-entendidos, bem como as estratégias de procedimento sub-ótimas que o estudante realiza, de maneira que o sistema possa corrigi-lo. Além disso, o modelo do estudante também pode conter informações sobre o seu estilo preferido de interação com o sistema, uma categorização de seu nível de habilidade, que tipo de informação ele costuma esquecer com o tempo e uma indicação de quais são seus planos para apren-

der o assunto em questão. É fundamental também determinar se o estudante está ou não aprendendo e quais estratégias de ensino são mais efetivas. Para construir essas representações do estudante, o sistema ICAI pode utilizar quatro tipos de evidência:

- a) implícita, a partir do comportamento do estudante em situações de resolução de problemas.
- b) explícita, baseada em diálogos entre o sistema e o estudante.
- c) estrutural, a partir de relações de complexidade intrínsecas entre habilidades de representação de conhecimentos.
- d) experiência, baseada em estimativas da média de proficiência de estudantes anteriores.

3.2.1. Modelagem do Conhecimento do Estudante

Num sistema de ensino, precisa-se identificar e modelar os conhecimentos do estudante para adaptar o conteúdo a ser transmitido a esses conhecimentos. Uma das abordagens para modelação do conhecimento do estudante é visualizá-lo como uma parte da base de conhecimentos do sistema. Conclusões a respeito do que o estudante conhece são tiradas a partir de suas respostas. Por outro lado, a precisão das hipóteses sobre a compreensão do estudante pode ser testada comparando-as com o que um eventual módulo especialista responderia, dado apenas os conhecimentos do modelo do estudante.

3.2.2. Os Erros Cometidos pelo Estudante

Divergindo da seção anterior, considerar o modelo do estudante apenas como um subconjunto da base de conhecimentos da aplicação pode não ser eficaz. Muitas vezes o estudante comete erros não por falta de conhecimentos, mas por assumir algo como certo, quando na realidade é errado. Algumas teorias consideram importante manter uma base de conhecimentos dos erros mais comuns cometidos pelos estudantes, refletindo os mal entendidos mais comuns. Cada erro, então, estaria associado a uma estratégia para sua correção.

3.3. As Estratégias de Ensino

De acordo com Woolf et al.⁴¹, este módulo do sistema de ensino engloba as estratégias, regras e processos que governam as interações do sistema com o estudante. Para Dedel¹¹, é o módulo do sistema que fornece os meios para estruturar o conhecimento de forma a maximizar sua eficiência e sua eficácia. Ele determina como ensinar, que ferramentas de ensino utilizar, porque e com que frequência interromper o estudante. Este é o módulo que se relaciona com o estudante, selecionando problemas para que ele resolva, monitorando e criticando seu desempenho, dando assistência quando requisitada e tomando ações corretivas. Para Bumbaca⁷, é ele quem determina o momento adequado de fornecer uma pista ao estudante, ou quão longe ele pode ir por um caminho errado. Este módulo simula a atividade de um tutor real. Duchastel¹⁴ encara a atividade de um tutor dividida em três ações gerais. A primeira delas é questionar o estudante ou pô-lo numa posição onde ele revela seus conhecimentos. A função dessa ação é de diagnóstico. A

segunda ação geral de um tutor diz respeito ao ensino propriamente dito. A partir do diagnóstico realizado anteriormente, pode-se optar por passar informações ao estudante ou conduzi-lo através de uma linha de raciocínio que o levará a uma constatação (método socrático). Por fim, a terceira ação geral está relacionada à motivação do estudante. O tutor deve agir de forma a manter o interesse do estudante no que está sendo discutido.

Observando o assunto sob outro enfoque, Goktepe et al.¹⁹ classificam as estratégias de ensino aplicadas ao ICAI da seguinte forma:

- exercício e prática: promove a aquisição de conhecimentos e habilidades através da prática repetitiva. Normalmente é utilizada em tarefas pequenas e simples, como a prática de cálculos aritméticos;

- diálogo: nessa abordagem ocorre um diálogo entre o computador e o estudante. Esse diálogo tanto pode ser controlado pelo computador quanto pelo estudante, dependendo do método que se prefira;

- simulação: é uma representação controlada de um fenômeno do mundo real. São apropriadas em situações onde um treinamento real seria caro ou apresentasse riscos muito grandes (exemplo: pilotagem de avião e controle de usina nuclear);

- jogos: esta abordagem utiliza-se de atividades orientadas a um objetivo. Esse objetivo pode ser atingido pela aplicação habilidosa de um conjunto de regras, que é o que se deseja que o estudante pratique;

- resolução de problemas: numa situação desconhecida deve-se determinar o espaço de resolução de um tipo problema;

- aprendizado por descoberta: é uma estratégia na qual se dá ao estudante meios para exploração, análise e domínio de novos conceitos e princípios.

De acordo com Dedel¹¹, de início a estratégia utilizada pode ser baseada em protótipos ou numa utilização prévia do sistema pelo estudante, mas pode ser modificada, à medida que o modelo do estudante evolui. Como exemplos de estratégias de ensino ele nos cita a evolução gradual da complexidade de conceitos ou problemas e a modelação de resolução especialista de problemas via um treinador.

Ainda Dedel¹¹ sugere a utilização de uma teoria de explicação orientada ao discurso para coordenar as estratégias de ensino. Essa teoria incorporaria regras para selecionar diferentes meios pedagógicos, de acordo com o objetivo que se quisesse atingir, ou ainda determinar abordagens alternativas para o gerenciamento de diálogos e heurísticas de ensino dependentes do contexto. Algumas dessas habilidades podem ser derivadas de análise de protocolos de professores especialistas.

Aprofundando-se um pouco mais, as questões fundamentais que devem ser consideradas por um tutor ou treinador na explanação de determinado assunto são: quando interferir no fluxo de informação, o que discutir, que estratégia de apresentação utilizar e o quanto apresentar.

a) quando interferir no fluxo de informações: uma intervenção pode ser tanto uma interrupção quando o estudante comete um erro, quanto uma mudança de um estado de transmissão de informações para um estado de teste da compreensão do assunto. A preocupação dos pesquisadores com relação a intervenções no fluxo de

informações é devido ao efeito que isso pode ter no interesse do aluno. Interrupções muito frequentes diminuem a motivação do estudante.

b) o que discutir: o conteúdo transmitido ao estudante também deve ser cuidadosamente elaborado. Por exemplo, pode ser uma estratégia interessante fazer uma revisão periódica do que foi aprendido até o momento. Muitas vezes, diminuir o nível geral de dificuldade de uma tarefa pode aumentar a motivação do estudante.

c) que estratégia de apresentação utilizar: essa questão está relacionada, por exemplo, à decisão de se usar textos ou gráficos na apresentação de uma informação. Aqui também é importante que se tenha um conhecimento do modo de aprendizagem favorito do estudante. É importante, também, que as explanações sejam construídas de modo a diminuir ao máximo a complexidade da informação (retórica).

d) o quanto apresentar: ao dar respostas ou instruções ao estudante, o sistema não pode ser nem muito específico, sob pena de tornar-se maçante, nem muito genérico, ao ponto de não esclarecer devidamente o estudante.

3.4. A Comunicação Usuário-Sistema

Como será visto no capítulo V, a consideração de aspectos de ergonomia de interfaces, em qualquer sistema informático, é muito importante. Nos sistemas de ensino essa tarefa merece um módulo especial, pois é fundamental que haja uma boa comunicação entre o sistema e o estudante. Este módulo auxilia o módulo tutor (estratégias de ensino), expondo ao usuário o que este último de-

terminou. Além disso, segundo Woolf et al.⁴¹, ele também é responsável pela interpretação das entradas vindas do estudante. Segundo Goktepe et al.¹⁹, o projeto de interfaces interativas é muito importante para o desempenho da aplicação. As interfaces ruins são difíceis de aprender e tornam os programas difíceis de serem usados. Ainda quanto às interfaces, a utilização de gráficos representa uma melhoria em relação às linguagens de comandos, principalmente para usuários iniciantes. A utilização de interfaces gráficas não apenas facilita a aprendizagem, mas também diminui a taxa de erros por parte do usuário. Não obstante, uma interface completa não dispensa o uso de uma linguagem textual, principalmente em situações onde o usuário precisa receber informações mais precisas.

Infelizmente a capacidade de comunicação das atuais interfaces de computador é bastante limitada. A compreensão de linguagem natural ainda é um desafio para os pesquisadores e detalhes como as características emocionais do estudante ainda não podem ser percebidos pelo computador. Apesar disso, alguns autores consideram que uma interface que se utilize de linguagem natural é dispensável. Por meio de recursos gráficos pode-se obter um meio de troca de informações ainda mais eficiente.

4. Limitações do Ensino Assistido por Computador

Apesar das inúmeras vantagens que os sistemas ICAI podem proporcionar, precisamos considerar as limitações do seu desenvolvimento. Dede¹¹ cita alguns tópicos referentes a essas limitações:

1. Ainda não existem muitos computadores de pequeno porte com grande capacidade de memória e processamento, apesar de estar acontecendo uma sensível evolução nesse sentido. O próprio preço dos computadores, que também é uma limitação, tem caído;

2. O crescimento do volume de pesquisas em sistemas especialistas não representa inteiramente um avanço para os sistemas ICAI. Normalmente os sistemas especialistas concentram-se na obtenção de respostas otimizadas, enquanto que no Ensino Assistido por Computador deve ser exposta toda a sequência utilizada para obter-se a resposta de um problema;

3. Os sistemas ICAI devem ser precisos e especialistas. Portanto, cada um abrangerá apenas um pequeno domínio de conhecimento;

4. Assuntos que estão na fronteira do conhecimento explícito (cujos conteúdos e estruturas não são ainda totalmente compreendidos ou mudam constantemente) são menos aplicáveis ao ICAI do que assuntos bem definidos;

5. As interfaces homem-computador atuais são muito limitadas, o que se constitui num grande problema a ser eliminado. Isso não só pode restringir o número de assuntos a ser tratado por um sistema ICAI como também, em outros casos, diminuir a motivação do estudante e limitar as inferências que ele pode fazer;

6. Sabe-se pouco sobre ensino individualizado, uma vez que tradicionalmente os esforços de pesquisa em educação tem focalizado o ensino de grupos;

7. Muitos pesquisadores e projetistas de sistemas ICAI não se utilizam de técnicas de engenharia de conhecimento para extraí-los de professores especialistas. Ao contrário, baseiam-se

em teorias elaboradas a partir de observações incompletas.

5. Conclusão

Neste capítulo foi visto que existe uma tendência em dividir logicamente um sistema de ensino em quatro módulos: conhecimento a ser transmitido, conhecimento de estratégias de ensino, modelo do estudante e interface homem-computador.

Deve-se observar, porém, que num sistema de ensino é extremamente difícil armazenar separadamente o conhecimento a ser transmitido e a maneira como ele será transmitido, ou seja, as estratégias de ensino. O problema é agravado quando se deseja utilizar extensivamente recursos gráficos. Assim sendo, é aconselhável montar uma base de conhecimentos de maneira que se possa, a partir do modelo do estudante, determinar o que deve ser transmitido. Elimina-se, então, a necessidade de uma base de estratégias de ensino.

CAPITULO IV

HIPERTEXTO

1. Introdução

De nada adiantam sofisticados mecanismos de simulação de um professor, se não se dispõe de um meio adequado para apresentação de informações ao estudante. Deve-se considerar não apenas informações na forma de texto mas também na forma de gráficos, figuras, animações ou até mesmo sons. Aliás, alguns educadores incentivam muito a transmissão de conhecimentos sob a forma gráfica. Por essa razão, decidiu-se utilizar em nosso modelo de sistema de Ensino Inteligente Assistido por Computador uma forma de apresentação tipo hipertexto. Na verdade a representação de informações tanto sob forma de texto ou gráfico não é a única característica do hipertexto. Como será visto no decorrer desse capítulo, um hipertexto é uma estrutura muito flexível de apresentação de informações permitindo que elas sejam relacionadas entre si. Isto também será muito útil no nosso modelo, pois torna a aplicação bem mais flexível, e portanto mais facilmente ajustável às características ou interesses de cada estudante.

2. Origem do Hipertexto

Segundo Fiderio¹⁵, a idéia do hipertexto surgiu em 1945, quando Vannevar Bush, conselheiro de ciências do então presidente americano Theodore Roosevelt, projetou uma máquina que utilizava microfilmes e fotocélulas para armazenar dados. Esse sistema conteria não só literatura científica do pós-guerra mas também esboços, fotografias e notas pessoais. Bush a considerava um suplemento enriquecido da memória. A essa máquina deu-se o nome de Memex, e nunca foi implementada. Estava organizada de tal forma que se poderia associar quaisquer dois pontos das células do microfilme. Com ela nasciam os fundamentos dos sistemas de hipertexto, que só tiveram suas primeiras versões implantadas vinte anos depois, já na década de 60.

Segundo Smith³⁷, um sistema de hipertexto nada mais é que um sistema gerenciador de base de dados que permite editar e apresentar informações em forma de telas associadas entre si através de ligações. Numa abordagem mais sofisticada, um hipertexto também pode ser encarado como um sistema informático que visa promover o trabalho conjunto, a comunicação e a aquisição de conhecimentos, principalmente em ambientes de pesquisa e desenvolvimento.

3. Estado da Arte

Segundo Halasz²⁰, a primeira geração de sistemas de hipertexto era destinada a computadores de grande porte e era centrada basicamente em nodos com texto. Os monitores de vídeo dispunham de pouca ou nenhuma capacidade gráfica. Todos os sistemas dessa primeira geração, no entanto, foram concebidos para serem utili-

zados por equipes que compartilhariam uma determinada aplicação.

O desenvolvimento da segunda geração de sistemas de hipertexto, de acordo com Fiderio¹⁵, só se deu no início dos anos 80, com o surgimento de estações de trabalho de baixo custo com monitores de vídeo de alta resolução e opções de armazenamento como as memórias CD-ROM (a laser).

A partir de então, as aplicações passaram a dispor de interfaces com o usuário muito mais bem elaboradas. Os sistemas da segunda geração suportam gráficos e até mesmo animação. Utilizam também com muita frequência, visões gerais da base de dados de uma forma gráfica, facilitando sua compreensão. Um outro detalhe, de acordo com Halasz²⁰, é que os sistemas da segunda geração são mais voltados para o trabalho individual ou de grupos pequenos, não tendo o mesmo enfoque de trabalho cooperativo como antes.

De acordo com Fiderio¹⁵, um outro fator que colaborou no interesse por sistemas de hipertexto é a atual existência de um grande número de pessoas se comunicando através da mídia eletrônica, pelo menos nos países mais desenvolvidos.

"Com o uso de hipertextos essas pessoas podem ler boletins de informação, usá-los como correio eletrônico e contribuir com bases de dados grupais", nos afirma Frisse¹⁶.

Além do mais, em 1987, dois eventos reforçaram ainda mais a presença dos hipertextos: o lançamento do sistema de hipertexto Hypercard, da Apple, que não poupou esforços em sua divulgação, e uma conferência especial sobre hipertextos que reuniu pessoas das mais diversas áreas: o Hypertext '87.

Segundo Halasz²⁰, as aplicações de hipertexto atuais são normalmente projetadas para consulta de usuários casuais. Por is-

so essas aplicações são normalmente caracterizadas por ferramentas de apresentação e busca de informação bem desenvolvidas. Já nos sistemas utilizados na elaboração das aplicações, as ferramentas para criação e modificação da rede de informações que são as mais desenvolvidas.

Tipicamente, segundo Fiderio¹⁵, o "software" que compõe um sistema para a criação de hipertextos consiste de um editor de texto, um editor gráfico, uma base de dados e uma ferramenta de visualização geral dos nodos e das ligações entre eles. É comum usar-se recursos como "mouse", janelas, ícones e menus.

4. Funcionamento

Segundo Akscyn et al.², as bases de dados dos hipertextos atuais são divididas em nodos, que são similares a registros de um arquivo comum. Cada nodo contém informações referentes a uma tela de vídeo que será mostrada ao usuário do hipertexto ou um programa a ser executado. Essas informações a serem mostradas podem estar na forma de textos, gráficos, imagens estáticas, animações ou sons.

Segundo Fiderio¹⁵, os nodos podem ser associados uns aos outros através de ligações, que podem ser explícitas ou implícitas, ou ainda, usando-se outra denominação segundo Johnson²³, objetivas ou subjetivas. As ligações explícitas ou objetivas dão à aplicação uma característica de trabalho baseado em menus. As ligações implícitas ou subjetivas se caracterizam pela possibilidade de estarem relacionadas a qualquer ponto de determinado nodo. Fazendo uma analogia a um texto impresso, as ligações implícitas podem ser encaradas como notas de pé de página ou frases entre

parênteses, ou seja, algo que complementa o assunto em discussão. Ligações explícitas, ou objetivas, são ligações entre um menu de opções e um determinado artigo, por exemplo. Essas ligações são essenciais na aplicação. Ligações implícitas, ou subjetivas, por outro lado, são ligações que associam um determinado ponto da aplicação a um outro que o complementa, ou a um comentário adicional. São essas ligações que fazem uma aplicação de hipertexto ter valor. Dessa forma, numa aplicação de hipertexto, associa-se um ponto qualquer de um nodo a uma ligação, que por sua vez será associada a um outro nodo. Diz-se que o ponto de onde se origina a ligação é a referência da ligação e o nodo ao qual a ligação leva é o referente da ligação.

Um ponto é um simples caracter, um símbolo ou um ícone relacionado a uma ligação. Normalmente ele identifica o nodo destino a ele relacionado.

Fisicamente, as ligações são armazenadas e indicadas por um arquivo que relaciona cada ponto de ligação ao nodo para o qual ele aponta.

A figura 1 mostra um determinado conjunto de informações que é apresentado na forma de texto. Uma característica deste texto é que existe um parágrafo inicial que menciona alguns conceitos, como taxa, principal, montante. Logo em seguida as definições desses conceitos são apresentadas, independentemente da vontade do usuário.

Num modo de apresentação do tipo hipertexto, as informações contidas neste texto são divididas em pequenos blocos, ou seja, os nodos. Um exemplo de disposição desses nodos é mostrado pela figura 2. Perceba-se que todas as informações que eram en-

Uma aplicacao cujo principal e' de Cr\$ 100.000,00 a uma taxa de 5% ao mes resulta num montante de Cr\$ 110.250,00 apos 2 meses.

Principal e' o capital inicial.

Montante e' a soma do principal ao seu juro produzido.

Juro e' o rendimento de dinheiro emprestado.

Taxa e' a razao de juro em determinado periodo. Exemplo:

Se aplica-se 100 unidades monetarias a 5% ao mes, no final deste periodo ter-se-a 5% a mais em relacao ao valor inicial, ou seja, 105 unidades monetarias.

Figura 1 - Um conjunto de informacoes qualquer.

Uma aplicacao cujo PRINCIPAL e' de CR\$ 100.000,00 a uma TAXA de 5% ao mes resulta num MONTANTE de Cr\$ 110.250,00 apos 2 meses.

Principal e' o capital inicial.

Montante e' a soma do PRINCIPAL ao seu juro produzido.

Taxa e' a razao de juro em determinado periodo.

EXEMPLO

Juro e' o rendimento de dinheiro emprestado.

Se aplica-se 100 unidades monetarias a uma taxa de 5% ao mes, ao fim deste periodo ter-se-a 5% a mais em relacao ao valor inicial, ou seja, 105 u.m.

Figura 2 - Exemplo de um grupo de nodos.

contradas no texto são encontradas em alguns dos nodos.

Para apresentar os nodos organizadamente numa sequência lógica, é necessário relacioná-los entre si. Essa organização será realizada através das ligações. Na figura 3, vê-se exemplos de ligações. As ligações relacionam uma determinada região de um nodo com outro, que teoricamente contém informações que complementam o primeiro. Isso pode ser aplicado da seguinte maneira: o usuário aponta uma determinada região de um nodo que lhe está sendo apresentado, com o auxílio de um "mouse", por exemplo. Em seguida, ele dá um comando que ocasionará a apresentação do nodo relacionado àquela região apontada, e o próximo nodo é apresentado.

Esse relacionamento entre regiões de nodos e seus nodos complementares deve estar armazenado numa tabela, como mostrado também na figura 3. Note-se que tanto os nodos como a tabela são preparados pelo projetista da aplicação.

Todas as ligações apresentadas no exemplo da figura 3 são de ligações implícitas, porque não é evidente que existe uma ligação entre a região que é um ponto de ligação, com seu nodo correspondente. Por outro lado, no exemplo da figura 4, as ligações do primeiro nodo são explícitas, pois está evidente onde se encontram os pontos de ligação aos outros nodos.

A figura 5 mostra uma possível disposição de apresentação dos nodos na tela do computador.

1
Uma aplicacao cujo PRINCIPAL
e' de CR\$ 100.000,00 a uma
TAXA de 5% ao mes resulta num
MONTANTE de Cr\$ 110.250,00
apos 2 meses.

2
Principal e' o capital inicial.

3
Montante e' a soma do PRINCIPAL
ao seu JURO produzido.

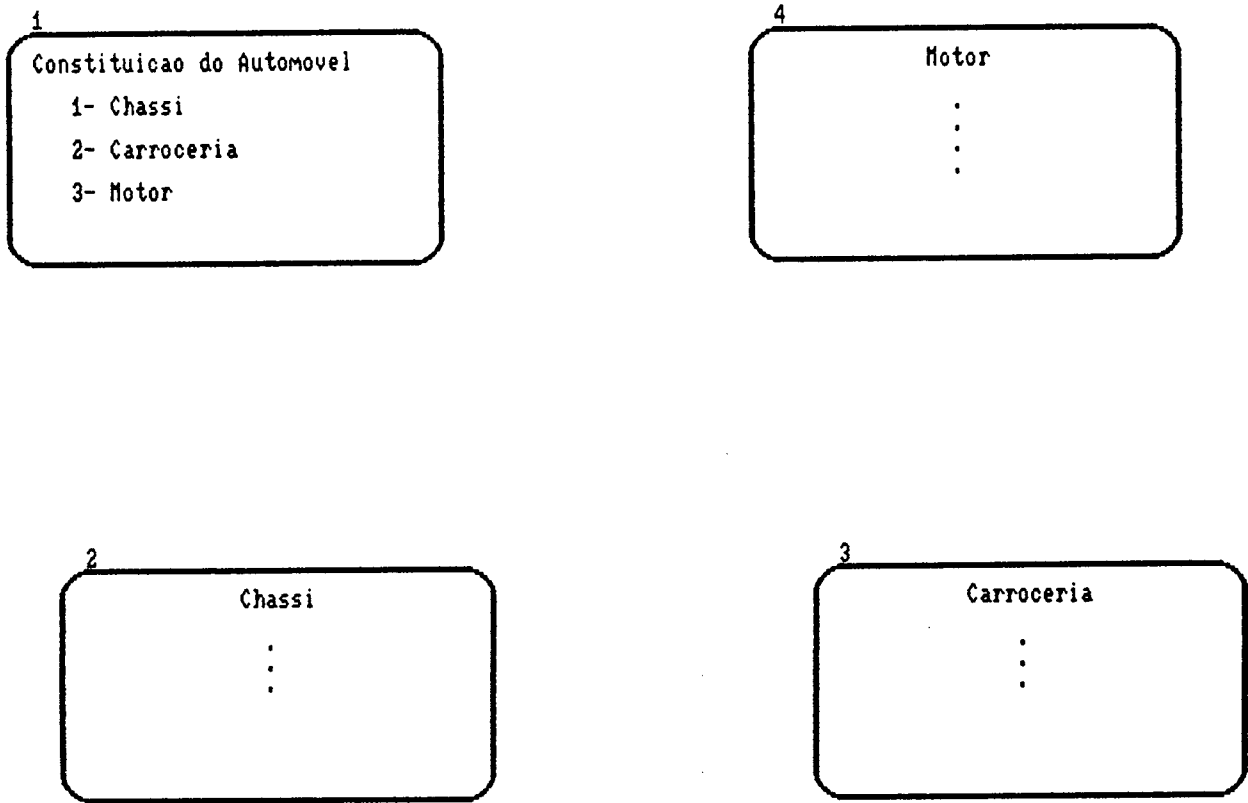
4
Taxa e' a razao de JURO em
determinado periodo.
EXEMPLO

5
Juro e' o rendimento de dinhei-
ro emprestado.

6
Se aplica-se 100 unidades mone-
tarias a uma taxa de 5% ao mes,
ao fim deste periodo ter-se-a
5% a mais em relacao ao valor
inicial, ou seja, 105 u.m.

NODO ORIGEM	PONTO DE LIGACAO				NODO DESTINO
	LINHA INICIAL	COLUNA INICIAL	LINHA FINAL	COLUNA FINAL	
1	1	20	1	20	2
1	3	1	3	4	4
1	4	1	4	8	3
3	2	23	2	31	2
3	3	8	3	11	5
4	2	20	2	23	5
4	4	1	4	7	6

Figura 3 - Como se dão as ligações físicas entre os nodos.



NODO ORIGEM	PONTO DE LIGACAO				NODO DESTINO
	LINHA INICIAL	COLUNA INICIAL	LINHA FINAL	COLUNA FINAL	
1	2	4	2	9	2
1	3	4	3	13	3
1	4	4	4	8	4

Figura 4 - Ligações explícitas

Uma aplicacac
PRINCIPAL e' de
Cr\$ 100.000,00 a
TAXA de 5% ao me
sulta num MONI
Cr\$ 110.250,00
meses.

Taxa e' a razao de
JURO em determinado
periodo. EXEMPLO.

Se aplica-se 100
unidades monetarias a
5% ao mes, no final
deste periodo ter-se-
a 5% a mais em rela-
cao ao valor inicial,
ou seja, 105 unidades
monetarias.

Figura 5 - Possível disposição de uma aplicação em hipertexto.

5. Vantagem em Relação aos Documentos Impressos

Quando se utiliza uma boa aplicação de hipertexto, ao contrário de uma obra impressa, não se tem a obrigação de seguir um curso explícito de consulta. O usuário pode escolher os caminhos de sua exploração na base de dados. Isso é possível justamente porque nos mais variados pontos de uma aplicação podem existir ligações com outros pontos. No caso de um documento impresso, apesar de existir uma relação entre vários assuntos abordados, essa relação não é explicitada, ou seja, não está indicado ao usuário em que ponto do documento ele encontrará um comentário ou aprofundamento no assunto de seu interesse. Como nos afirma Gessner¹⁸, o leitor é fortemente encorajado a lê-lo linearmente, do começo ao fim.

Se por um lado essa liberdade em seguir o caminho que se deseja é bom, por outro, a rapidez e facilidade com que se navega de um nodo para outro através das ligações pode representar uma boa armadilha. Aplicações mais complexas, com um grande número de nodos tornam grande a probabilidade do usuário se perder em sua navegação. Por isso muitos sistemas de hipertexto possuem um mapa da base de dados que mostra as ligações entre os nodos de maneira gráfica. Além de ajudar na orientação do usuário ao percorrer a base de dados este mapa pode ser usado para se acessar diretamente a área de seu interesse.

6. Como Projetar uma Aplicação em Hipertexto

Para implantar uma aplicação em forma de hipertexto é necessário que se esteja acostumado a dividir as informações em pequenas unidades discretas, que consistem de um simples conceito

ou idéia. Essas unidades são os nodos que compõem a base de dados de um hipertexto. Infelizmente essa não é uma tarefa fácil, especialmente quando não se entende bem do problema e esses conceitos ou idéias são vagos e confusos.

Segundo Johnson²³, o primeiro passo é a prototipagem. Deve-se optar pelo estilo de aplicação. Nesse sentido pode-se usar duas abordagens: hipertexto baseado em artigo ou em cartão. Numa aplicação baseada em artigo faz-se desfilar a tela para cima e para baixo ao se acompanhar o documento, enquanto que, numa aplicação baseada em cartão o usuário pula de uma tela completa para outra. Numa aplicação baseada em artigo os nodos não têm limite de tamanho, o uso de um mouse não se faz tão necessário e sua criação é muito mais simples. Já numa aplicação baseada em cartão os nodos tem sempre o tamanho de uma tela. Sua utilização sem o auxílio de um mouse é muito difícil e a montagem da aplicação em si é mais trabalhosa, pois é necessário distribuir as informações por vários nodos. Akscyn² ressalta que a concepção de aplicação baseada em artigo não é muito utilizada e inclusive a considera ineficiente em termos de navegação.

Outro detalhe a ser observado na fase de prototipagem é a compatibilidade do tamanho do documento com os recursos de memória disponíveis. O tamanho do documento pode ser limitado se ele deve ser armazenado em um disquete, por exemplo.

A segunda etapa é a preparação de dados. Em outras palavras, o texto do documento deve ser digitado ou importado de outro sistema eletrônico para o sistema de hipertexto usado, para montar a aplicação. O mesmo deve acontecer com os gráficos. Em seguida cada nodo é preparado com seu conteúdo final, seja ele

texto, gráfico ou ambos.

Assim que cada nodo estiver definido e formatado pode ser iniciado o trabalho de associá-los através das ligações.

Pode-se dizer que o trabalho fundamental desta etapa é analisar o material a ser editado, determinando os pontos onde a criação de ligações subjetivas sejam apropriadas.

7. Características Desejáveis numa Aplicação de Hipertexto

Apesar das idéias em relação a hipertexto terem surgido já a bastante tempo, só recentemente é que se começou a utilizá-lo, por motivos já mencionados na seção 3 deste capítulo. Por isso não existem metodologias bem formalizadas para sua construção. Apesar disso, começam a surgir sugestões de características desejáveis em aplicações de hipertexto, como as apresentadas a seguir.

7.1. Clara Identificação dos Pontos de onde Partem as Ligações

De acordo com Akscyn², as ligações devem estar representadas preferencialmente por textos descritivos, precedidos por um símbolo que o identifique como uma ligação. Alguns especialistas consideram que ícones não provêm informação suficiente para que o usuário decida pelo seguimento daquela ligação.

7.2. Múltiplos Pontos de Entrada

Segundo Johnson²³, pontos de entrada são pontos onde se pode começar a consultar uma aplicação de hipertexto. Num documento impresso tem-se muitos pontos de entrada. Uma figura, um

sub-título, uma seção, são exemplos comuns. O acesso a esses pontos de entrada é muito fácil pois basta folhear as páginas do documento. Numa aplicação de hipertexto o acesso a esses pontos de entrada é um pouco dificultado, pois eles normalmente não estarão presentes na mesma tela. Uma possível solução para esse problema é a presença de uma espécie de menu que permita fácil acesso a uma relação das figuras, sub-títulos, seções, etc.

7.3. Utilização de Mapas

Segundo Halasz²⁰, numa aplicação de hipertexto é muito fácil um usuário se perder quando ele faz muita consulta através de ligações subjetivas, especialmente se a base de dados for grande e com muitas ligações. Entenda-se por se perder o fato de não se achar a sequência de informações original que se percorria. Para facilitar a compreensão do usuário do ambiente com o qual ele está interagindo é aconselhável a presença de um mapa da aplicação, mostrando de maneira superficial as relações entre seus nodos. Além disso, esse mapa pode ser utilizado para um acesso mais rápido da informação que se deseja. O usuário apenas aponta no mapa qual o nodo por onde pretende iniciar sua pesquisa. Por outro lado, alguns autores acreditam que esses mapas são limitados em valor e afirmam que os usuários raramente fazem uso deles.

7.4. Recursos de Busca

Segundo Halasz²⁰, muitas vezes um mapa da aplicação não é o suficientemente detalhado para permitir que se determine com facilidade onde se encontra certa informação. Alguns sistemas de hipertexto contém recursos de busca de informação que localizam

todos os nodos relacionados a uma descrição de informação fornecida pelo usuário. Como existe uma grande possibilidade dos usuários não estarem familiarizados com sistemas informatizados, é interessante pensar em fornecer-lhes meios gráficos para se comunicarem com a aplicação.

7.5. Aplicações de Módulos de Ajuda "On-line"

Como aplicações de ajuda "on-line" são muito comuns, vale citar a necessidade do tratamento de falhas para casos em que não são previstos nenhum tipo de informação. De acordo com Notenboom et al.²⁹, uma mensagem ou sinal sonoro deve ser enviado ao usuário.

7.6. Possibilitar a Grifagem de Trechos Relevantes

De acordo com Frisse¹⁷, em aplicações utilizadas individualmente é desejável a possibilidade de poder-se grifar determinados trechos de texto. Esta grifagem permite aos usuários incorporarem suas necessidades particulares a documentos convencionais.

7.7. Agrupamento de Nodos em Apenas uma Composição

Segundo Smith et al.³⁷, já se sentiu a necessidade de se agrupar vários nodos de uma aplicação que apresentem uma relação muito forte entre si, de modo que pudessem ser representados e ligados como entidades únicas. Uma sugestão é que um dos nodos desse grupo seja um nodo cabeça, ao qual todos os outros nodos estão ligados. O acesso ou uma nova ligação com qualquer um dos nodos do grupo será feito através do nodo cabeça. Ainda proprie-

dades comuns a todos os módulos do grupo podem ser ligadas apenas ao nodo cabeça, ao invés de fazê-lo a todos os nodos.

7.8. Consideração de Várias Versões para as Aplicações

Determinadas aplicações requerem não somente consulta às informações, mas também sua atualização. Um exemplo típico é um projeto que pode ser constantemente revisto. A título de documentação é importante manter as antigas versões do projeto modificado. Para que isso possa ser eficientemente implantado como aplicação de hipertexto, deve-se poder criar várias versões da rede de ligações entre um conjunto de nodos, bem como dos nodos propriamente.

8. Conclusão

Uma aplicação de hipertexto a respeito de algum assunto, por si só já seria uma forma interessante de apresentação de informações. No entanto deve-se ter muito cuidado na elaboração de seus nodos, de maneira a torná-los claros e que evitem incompreensões por parte do usuário. Por isso, quando se constrói os nodos de um hipertexto e se liga-os entre si, é importante considerar aspectos de ergonomia de interfaces e também de ergonomia cognitiva, que serão abordadas no próximo capítulo.

Além disso, pode-se otimizar a utilização de tal ferramenta não apenas dando liberdade para o estudante seguir o caminho que lhe interesse, mas também orientando-o em momentos em que ele deseja ser guiado. Dessa forma, é interessante conciliar ainda alguma técnica de inteligência artificial que possibilite identificar as necessidades e possibilidades do estudante. No capítulo VI será abordada com mais detalhes a inteligência artificial.

CAPITULO V

CONSIDERAÇÕES ERGONOMICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ENSINO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

1. Introdução

Procurar-se-á considerar no modelo de desenvolvimento de sistemas de Ensino Assistido por Computador, tanto conceitos de ergonomia cognitiva quanto de ergonomia de interfaces. A ergonomia cognitiva preocupa-se com os aspectos da atividade a ser realizada pelo estudante ao usar o sistema ICAI. Ela diz respeito às características internas do "software", ou seja, como este vai comportar-se diante do estudante. Assim, procura-se adaptar ao sistema, características da análise ergonômica do trabalho mental, uma metodologia que procura adequar as exigências da tarefa ao usuário.

Já a ergonomia de interfaces preocupa-se basicamente com aspectos externos do "software", ou seja, características de apresentação das informações adaptadas ao usuário.

Estas duas perspectivas da ergonomia são muito importantes para um sistema ICAI. A ergonomia cognitiva permitirá uma otimização do esforço dispendido pelo estudante em direção ao aprendizado e a ergonomia de interfaces facilitará a utilização do sistema.

2. Aprendizagem e Análise Ergonômica do Trabalho Mental

Em última análise todo o aprendizado tem a função prática terminal de promover uma preparação à resolução de problemas. Segundo Robert Gagné, como encontrado em Joyce & Weil²⁵, o aprendizado relativo às funções intelectuais respeita uma hierarquia onde aprende-se primeiramente conceitos. Em seguida formula-se regras com esses conceitos, ou seja, estabelece-se relações de causa e efeito utilizando entidades previamente conceituadas. Por fim, aprende-se a agrupar regras, de uma maneira tal que, a partir de uma situação inicial atinge-se uma situação objetivo, caracterizando a resolução de problemas. Esta situação é ilustrada na figura 6.

O aprendizado de conceitos, tanto quanto de regras, é fundamental então para que se possa resolver os problemas cotidianos, tanto no plano pessoal quanto profissional.

Além disso, percebe-se aqui a importância de se respeitar uma sequência de aprendizagem na qual, para se compreender a resolução de um problema, precisa-se conhecer as regras que regem esta resolução, mas antes disto precisa-se conhecer os conceitos embutidos nas regras. Além do mais, como nos afirma Barthes³, "a memorização na memória de longo termo é facilitada pela compreensão e pela possibilidade de se associar cada nova informação a uma informação já existente nas estruturas mentais. É mais fácil reter informações de um domínio conhecido e que completa informações que já possuímos". Pode-se, por exemplo, dificultar muito ou ainda impossibilitar que alguém compreenda determinada estratégia de resolução de problemas se ele não dominar bem todas as regras empregadas. O aprendizado dá-se pelo crescimento gradual de uma

organização de conhecimentos na memória de longo termo, organização esta que é importante para a posterior recuperação destes conhecimentos. Além disso, pode-se causar frustrações a alguém, se ele pensar que não compreende como se resolve determinado problema por incapacidade sua. Isso certamente influenciaria na sua disposição a futuras sessões de aprendizado.

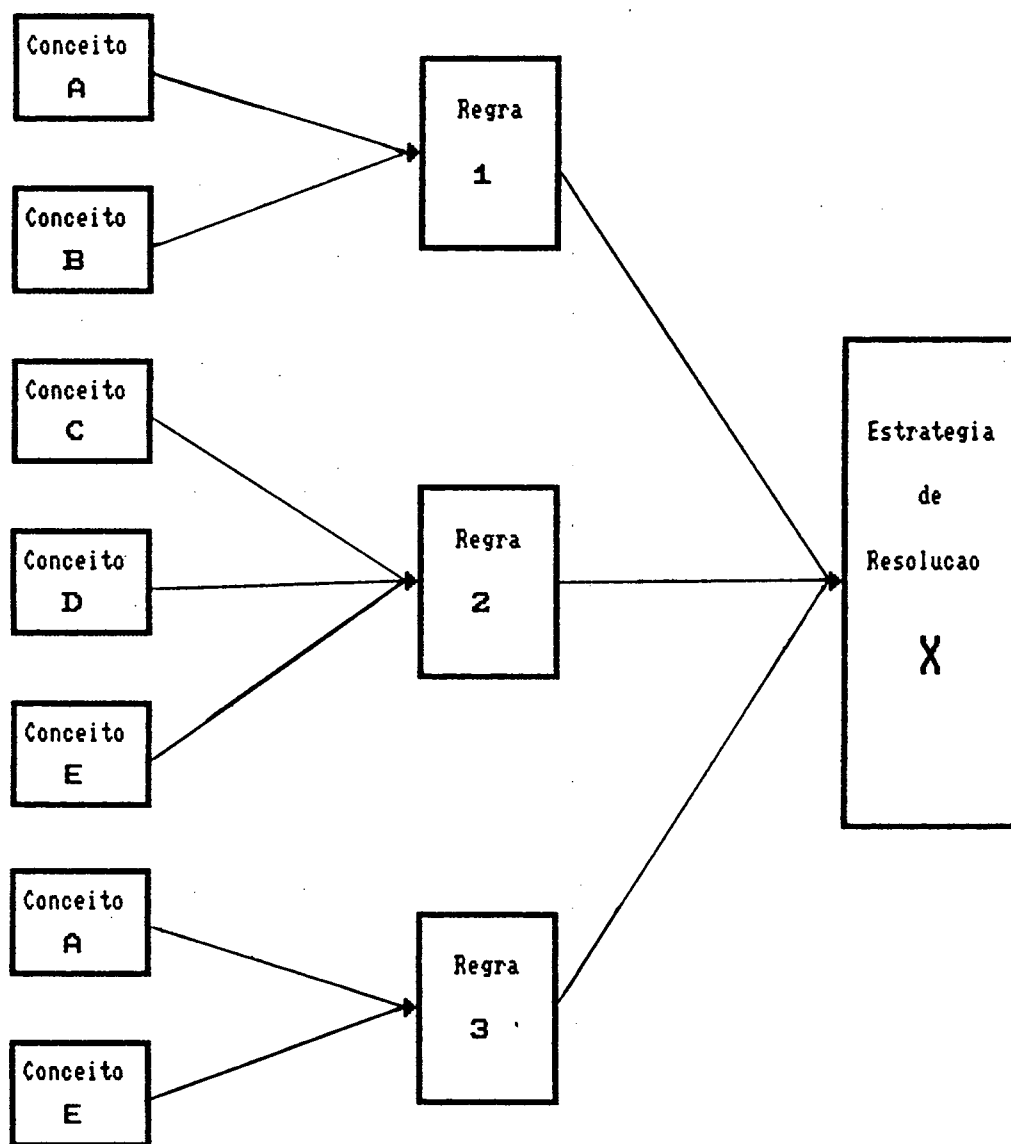


Figura 6 - Hierarquia da Aprendizagem.

É necessário que se compreenda exatamente o que se passa na mente de um estudante no momento em que ele está em contato com um novo tema. Precisa-se saber de que conhecimentos ele já dispõe e em que grau de segurança, para que se possa apresentarlhe novos conhecimentos.

Identificar com precisão que conhecimentos alguém dispõe e inclusive determinar o grau de certeza da pessoa em relação a esses conhecimentos, identificando sua capacidade de raciocínio e abstração, não são tarefas fáceis, principalmente porque não se pode simplesmente acessar os componentes cognitivos do sujeito para fazer uma análise. Essa identificação deve ser feita a partir de comportamentos manifestos do sujeito e precisa-se de um método para fazer isto.

Existe uma metodologia chamada Análise Ergonômica do Trabalho que pode ser utilizada para adequar tarefas, onde se lida com uma grande carga informacional, às características psicológicas das pessoas que as executam. Normalmente existe um dispositivo que emite informações que traduzem a situação de determinado sistema, como por exemplo uma usina termo-elétrica. O dispositivo pode ser um painel de controle ou um terminal de computador.

Com estas informações o sujeito tem que tomar decisões que mantenham o sistema em equilíbrio em situações de instabilidade. Em outras palavras, o sujeito aplica regras que ele conhece sobre as informações que ele está recebendo para resolver um problema. A Análise Ergonômica do Trabalho procura evidenciar situações onde o sujeito recebe mais informações do que consegue tratar, ou em que recebe informações representadas de uma maneira que o levem a cometer um erro. Ela procura evidenciar, através dos com-

portamentos manifestos do sujeito, sua capacidade cognitiva e sua bagagem informacional para posteriormente adaptar-lhe a tarefa.

3. Análise Ergonômica do Trabalho Mental

Para considerar-se explicitamente as características do usuário numa aplicação interativa é necessário que elas sejam conhecidas a fundo. Duas disciplinas que contribuem em muito para enriquecer o conhecimento em relação ao usuário são a ergonomia e a psicologia cognitiva.

Segundo Barthet³, a ergonomia se interessa, de uma maneira geral, pela melhoria das condições de trabalho. Mais especificamente a ergonomia de "software" concentra-se sobre as condições de trabalho ligadas a utilização, pelo homem, de sistemas de computação interativos.

A princípio, os esforços da ergonomia de "software" eram concentrados sobre a otimização e apresentação dos comandos, ou seja, sobre as interfaces. Atualmente, porém, a ênfase é sobre as características da tarefa a ser informatizada (sua finalidade, dificuldades e critérios qualitativos) e da atividade do indivíduo (seu saber, seu saber-fazer, a representação mental que ele tem de sua tarefa e dos objetos sobre os quais ele opera). Segundo Scapin³⁴, "a ergonomia não se interessa somente pelos aspectos de superfície da interface homem-computador, mas por tudo que possa influenciar a atividade do usuário. Não se trata, de fato, apenas de definir a forma dos caracteres, mas também definir quais informações devem ser fornecidas." De acordo com Valentin & Lucongsang³⁸, isto significa dizer que uma aplicação ergonômica é mais do que um diálogo ergonômico. Para conceber-se uma boa comu-

nicação homem-computador é necessário levar em conta conjuntamente e interativamente a interface, os tratamentos e os dados. Isso é possível através da análise da tarefa do indivíduo e da análise de sua atividade.

A tarefa é definida como o conjunto de elementos que constituem os dados para o operador: suas ferramentas, os procedimentos prescritos, os objetivos. A atividade é caracterizada pelo comportamento real do operador em seu posto de trabalho, tanto físico como mental. Deseja-se deixar claro que existe uma diferença entre a tarefa prescrita para o operador e o que ele efetivamente realiza, ou seja, sua atividade.

A Análise Ergonômica do Trabalho é uma metodologia que permite que se defina melhor a realidade do trabalho, determinando o que fazem realmente os indivíduos para atenderem um objetivo ligado ao seu posto de trabalho. Através dela coloca-se em evidência as disparidades entre tarefa prescrita para o indivíduo e atividade que ele efetivamente realiza. Essas disparidades devem ser reduzidas ao mínimo possível. Pois de outro modo elas seriam custosas não somente para o indivíduo (dificuldade de aprendizagem, "stress", fadiga) mas também para a empresa (perda de tempo e qualidade).

Primeiramente deve-se realizar uma análise preliminar da tarefa, recolhendo dados sobre a organização do trabalho, ligação entre serviços, características de diferentes postos de trabalho. Mas o principal é determinar o conteúdo do trabalho, ou seja, quais são seus objetivos, os procedimentos e regras a seguir, as principais dificuldades. Neste sentido, o projetista do sistema ICAI deve dominar conceitos a respeito das características cogni-

tivas do ser humano.

Em seguida é realizada a análise da atividade, ou seja, como a pessoa trabalha realmente. Deve-se, então, realizar observações do trabalho real, atentando para, por exemplo, as informações que são utilizadas no trabalho, em qual ordem, com que frequência, por quais sub-tarefas, as informações que faltam, as que são difíceis de obter, as que são inúteis ou levam a erros. Os aspectos fundamentais são os erros, esquecimentos e incidentes. Para realizar este trabalho necessita-se que a pessoa observada verbalize o que ela pensa da tarefa, quais suas estratégias na tomada de decisões, quais seus objetivos a cada etapa da tarefa. Estas verbalizações podem ser simultâneas ou consecutivas.

De posse dos dados das análises realizadas, tanto da tarefa quanto da atividade, pode-se compará-los no sentido de determinar os pontos diferentes ou comuns. Deve-se ressaltar os pontos críticos entre teoria e realidade, permitindo posteriormente uma abordagem melhor adaptada a realidade do trabalho.

No desenvolvimento de uma aplicação de Ensino Inteligente Assistido por Computador pode-se utilizar esta metodologia em dois momentos, com o objetivo de aperfeiçoar sua adequação às características do estudante.

Primeiramente pode-se aplicar a Análise Ergonômica do Trabalho Mental durante o desenvolvimento da aplicação. É necessário estar presente na sala de aula, analisar o comportamento dos estudantes, quais suas principais dificuldades, quais as partes do assunto que são mais difíceis de entender e que exigem um tratamento mais criterioso, quais as sequências a seguir e o nível de aprofundamento em cada parte. Consegue-se desta forma, uma adap-

tação geral do sistema em relação a uma determinada comunidade de estudantes. Através da observação dos comportamentos manifestos destes estudantes poder-se-á identificar suas dificuldades, seus erros ou até mesmo situações desmotivadoras e, então, determinar as características do protótipo que ocasionaram esses comportamentos.

Além disso, a proposta da ergonomia para o desenvolvimento de sistemas de informática é de fazê-lo de maneira que a concepção se dê em paralelo com experimentação por meio de protótipos. Através da experimentação com os futuros usuários pode-se fazer uma análise da atividade e detectar possíveis falhas de concepção.

A utilização de um protótipo por um número representativo de futuros usuários permitirá avaliar a pertinência dos diálogos, do conteúdo das telas e relatórios, da disposição das funções e das mensagens, dessa forma evidenciando adequações ou evoluções a realizar.

Não se pode deixar de considerar que um grupo de pessoas que sentem necessidade da aprendizagem de um mesmo assunto apresentam conhecimentos e experiências passadas semelhantes, o que faz com que elas percebam uma linguagem um tanto particular. É o caso, por exemplo, de estudantes de engenharia que utilizam conhecimentos assimilados no início de seu curso para a compreensão de disciplinas em fases posteriores. Pode-se dizer que esses conhecimentos constituir-se-ão numa linguagem particular desse grupo de pessoas. Como nos afirma Scapin³⁴, "as diferenças de população em termos de capacidade, experiência, formação, etc. podem influenciar o desempenho de usuários em tarefas informatizadas."

Portanto, cabe ao projetista de um sistema de Ensino Assistido por Computador que ele identifique as representações mentais que esse grupo de usuários tem dos objetos sobre os quais eles vão operar e os conhecimentos dos quais eles dispõem, determinando então que símbolos ele poderá utilizar na linguagem de comunicação entre o sistema e seus usuários, de modo a simplificar ao máximo a interação entre eles.

Num segundo momento, a Análise Ergonômica do Trabalho Mental pode ser aplicada, de forma automatizada, durante o funcionamento normal da aplicação. Em outras palavras, um módulo da aplicação com características de sistema especialista simularia um ergonomista na sua atividade de analisar os comportamentos e conhecimentos do estudante. Para evidenciar as atividades mentais que o estudante realiza, é necessário indagá-lo e apresentar-lhe situações-problema, para que se possa observar suas reações. Devemos analisar seus conhecimentos prévios, suas aspirações, fatores motivantes, principais esquecimentos e erros, a que informações ele dá preferência para alcançar determinado objetivo, em qual ordem e com que frequência e ainda que informações levam a erros. Toda interação entre o estudante e o sistema seria utilizada para determinar as características do estudante. Esta análise do trabalho "on-line" pode, por sua vez, tanto ser utilizada para alimentar arquivos que registram informações a respeito de cada estudante e adequar o comportamento do sistema em relação a um estudante específico, como pode ser usada para manter um arquivo com os detalhes mais divergentes do sistema em relação a um determinado grupo de estudantes, para ser usado posteriormente no aperfeiçoamento do sistema. É importante ser ressaltado que este

módulo especialista deve ser sempre utilizado, possibilitando que se tenha informações sobre o estudante sempre atualizadas. Isso vai se constituir numa adaptação específica do sistema às características particulares de cada estudante. Num estudo preliminar, tenta-se determinar as características do usuário avaliando seu nível inicial e as possibilidades de evolução. Para tal, é necessário saber dos conhecimentos do usuário a respeito da tarefa atual, dos problemas a resolver, dos objetos relacionados ao assunto que ele irá aprender.

4. Ergonomia das Interfaces Homem-Computador

Como em qualquer sistema de informática, um sistema de Ensino Assistido por Computador também terá uma interface com o usuário. E através dessa interface que haverá troca de informações entre ele e o aluno.

Entretanto, uma vez que o aprendizado exige do aprendiz total concentração, não é interessante que ele se preocupe com aspectos tais como o de percepção das informações ou compreensão dos símbolos utilizados para transmiti-las. Novamente de acordo com Barthelet³ "o esforço de memorização na memória de longo termo requer uma concentração que nos torna relativamente indisponíveis a outras tarefas". O projetista do sistema deve se preocupar em avaliar o conhecimento prévio dos seus prováveis usuários e esforçar-se para produzir uma interface ergonômica, que possibilite ao usuário um dispêndio mínimo de energias com a compreensão da interface. Dessa forma ele poderá concentrar-se exclusivamente na tarefa objetivo, que é a aquisição de novos conhecimentos e estratégias de ação.

De uma maneira bem geral, Bennett⁵ afirma que "a interface do usuário num sistema de computação pode ser vista como uma superfície através da qual os dados são passados entre computador e usuário". Aspectos físicos de uma interface podem ser dispositivos de vídeo, de áudio ou de entrada de dados tais como mesas digitalizadoras, "joysticks", "mouses", microfones ou mesmo o teclado. Os dados que são mostrados no terminal provêm ao usuário um contexto para interação. O usuário formula respostas, toma ações e os dados são passados para o computador através da interface. Do ponto de vista do usuário, a qualidade da interface depende do que o usuário vê ou sente, que conhecimentos prévios o usuário deveria ter para entender o que é visto ou sentido e que ações o usuário pode tomar para obter os resultados desejados.

Ainda segundo Bennett⁵, os dados mostrados pelo computador na interface podem ser vistos como sentenças de uma linguagem de apresentação. Esta linguagem deve obedecer a certas regras de modo que o usuário, conhecendo essas regras, possa decifrar o que o computador quer transmitir. Por outro lado, o usuário também responde ao computador através de uma linguagem que tem suas próprias regras. Pode-se chamá-la de linguagem de ação. O usuário deve respeitar as regras da linguagem de ação para que o computador possa entendê-lo. Portanto, quanto mais simples forem essas regras, mais facilmente o usuário se comunicará com o computador. Como não se pode esperar que o usuário tenha um treinamento prévio nessa linguagem, deve-se projetá-la de acordo com os conhecimentos e procedimentos que ele já tenha armazenado em sua memória.

Na verdade, a preocupação com a qualidade das características ergonômicas das interfaces de sistemas informatizados teve como uma de suas principais causas a popularização dos microcomputadores e com eles, o uso de aplicações tanto de "software" quanto de "hardware", destinadas a usuários muitas vezes sem experiência em processamento de dados. Esses usuários normalmente esperam que o computador os ajude de uma forma rápida e eficiente, o que atualmente nem sempre acontece, pois muitos dos atuais sistemas informáticos foram desenvolvidos somente tendo em vista pessoas habituadas à linguagem computacional. Segundo Barthet³, os próprios métodos de análise de sistemas não incitam o analista a realizar sua concepção considerando o ponto de vista do usuário final. Isso têm levado as indústrias de informática a realmente se preocuparem em desenvolver produtos que atendam as necessidades daquelas pessoas que desejam usufruir do poder do computador mas sem complicações.

Nos afirmam Valentin & Luongsang³⁸ que, com uma melhoria no conforto e facilidade de utilização dos sistemas de informática, através da aplicação de conceitos de ergonomia, as empresas esperam um aumento da produtividade e da eficácia nos sistemas informatizados.

De fato, como atesta Barthet³, o objetivo essencial da automatização é de aumentar a rentabilidade da organização, substituindo o trabalho humano por máquinas e se possível aumentando a confiabilidade. No entanto, em casos onde a total substituição do trabalho humano por máquinas não é possível, o nível de desempenho do sistema depende da qualidade da interface homem-máquina. Pode-se perceber então a importância de se ter uma interface bem

adequada nos sistemas de informática.

Além de considerar o conhecimento dos usuários a medida que vai se processando a interação homem-computador, determinando assim o que comunicar ao usuário, o sistema deve também apresentar características que otimizem a maneira como essa comunicação se efetuará, levando em conta características humanas de percepção e memória. Assim, em relação à sua adequação aos usuários, o sistema apresenta, como foi visto na seção anterior, características internas, embutidas na sua construção que consideram aspectos ergonômicos cognitivos dos usuários e características externas que são percebidas pelo usuário, apresentadas através de uma interface.

Tratando-se da parte externa do "software", atualmente as principais críticas que podem ser úteis na elaboração da interface de um sistema de Ensino Inteligente Assistido por Computador, feitas pelos ergonomistas em relação às interfaces são as seguintes:

1. Falta de homogeneidade: não são utilizadas regras bem definidas a respeito da interface com o usuário. Assim, como muitas vezes um sistema de informática é desenvolvido por vários programadores, é comum encontrar-se aplicações com modos de diálogo bastante variados. Isso é um grande problema para os usuários.

2. Não é considerada a lógica de utilização do usuário: normalmente os sistemas são desenvolvidos a partir da tarefa prescrita e não da atividade que será efetivamente realizada. Dessa forma não se considera a lógica de utilização do usuário.

3. Consideração dos erros: os erros que podem ser cometidos pelos usuários não são considerados com relevância. Deveria ser feito um esforço não somente para produzir mensagens adequadas, ajudar a retomar uma resposta correta, criar proteções contra erros, mas também prever quando possível prováveis erros que possam ser cometidos. Nesse caso, os erros a que nos referimos são em relação à utilização do sistema.

5. A Aplicação da Psicologia Cognitiva

Para que se possa desenvolver interfaces de maneira mais científica, além da ergonomia, precisamos conhecer também algumas noções de psicologia cognitiva. A psicologia cognitiva designa a parte da psicologia que se interessa pela maneira como o homem trata as informações (memorização, aprendizagem). Esse tratamento de informações é essencialmente a capacidade de tratamento de informações simbólicas que são postas em jogo num diálogo homem-máquina.

Os conceitos de psicologia cognitiva são importantes na concepção das interfaces de sistemas interativos para que se possa compreender as representações mentais do usuário e para auxiliar o analista na sua concepção de aplicações interativas.

Alguns conceitos mais relevantes de psicologia cognitiva aplicados a sistemas interativos adaptados ao usuário e especialmente a sistemas de Ensino Assistido por Computador são os seguintes:

a) Existem diferentes tipos de usuários, que por razões variadas, não utilizam um mesmo "software" da mesma maneira. O "software" portanto, deve ser flexível, oferecendo possibilidades

de exploração variadas. Deve ser mais detalhado para os iniciantes e mais objetivo para os especialistas.

b) Existe uma diferença fundamental entre a lógica de funcionamento de computador e a lógica de utilização deste computador pelo usuário. Para o usuário, não é importante saber como funciona o sistema internamente. Quanto mais simples for a sua utilização para a obtenção das informações que ele deseja, mais eficaz será o sistema.

c) Deve-se distinguir as tarefas prescritas das atividades realmente realizadas pelo usuário. As tarefas prescritas são aquelas que se imaginou que o usuário realizaria. Contudo, como o raciocínio humano é muito complexo, dificilmente conseguir-se-á prever as estratégias de ação na realização de uma tarefa. Por isso, a atividade que ele realizará para atingir seu objetivo será diferenciada da tarefa prescrita. Isso indica que as características cognitivas do ser humano não foram corretamente consideradas e exige que seja feita uma correção na tarefa prescrita.

d) As características da memória de curto termo têm um impacto direto sobre o diálogo homem-computador. Como a memória de curto termo tem uma duração de 2 a 18 segundos, é importante que determinadas consequências causadas por certas ações sejam identificadas o mais rápido possível para que o usuário crie uma relação entre elas.

e) Uma parte da aprendizagem de manipulação do "software" se dá através de automatismos. Através da frequente repetição de tarefas, o usuário adquire automatismos que lhe permitem executá-las rapidamente e com uma mobilização mínima de seus processos conscientes. Deve-se então ter como objetivo criar o máximo de

automatismos para as tarefas repetitivas a fim de liberar mais tempo para as tarefas raras e complexas. "Portanto, devemos conceber todos os parâmetros da interface com o máximo de homogeneidade", afirma Barthe³.

6. Princípios Gerais para a Concepção de Interfaces

Pode-se dividir os componentes de um diálogo homem-computador da seguinte forma, sugerida por Valentin & Lucongsang³⁸:

1. Modos de diálogo.
2. Apresentação de informações (saída de dados).
3. Digitação de informações (entrada de dados).
4. Mensagens.
5. Tempo de resposta.
6. Orientação.

E ainda pode-se incluir:

7. Tratamento de Erros.

De uma forma genérica, descrever-se-á rapidamente do que se trata cada um deles e dar-se-ão algumas recomendações. Um conjunto de recomendações muito maior e mais detalhado pode ser encontrado em Scapin³⁴ e Valentin & Lucongsan³⁸.

6.1. Modos de Diálogo

O diálogo entre homem e computador é a troca de informações que existe entre eles. De um lado o homem emite comandos ao computador, de outro este envia mensagens e dados àquele. Os principais modos de diálogo são os seguintes:

6.1.1. Menus

Nesse modo de diálogo o computador apresenta uma lista de itens, dentre os quais o usuário escolherá um. Os menus são aconselháveis aos novatos e aos usuários ocasionais, pois eles limitam as informações a memorizar. Por outro lado, a utilização de menus pode ser cansativa para usuários mais avançados. É interessante que seja fornecido ao usuário algum tipo de orientação para que ele saiba onde se encontra numa determinada hierarquia de menus, bem como dispor de funções que o permitam retornar uma tela ou ao início do menu. Quanto à escolha de uma opção do menu, aconselha-se que ela possa ser feita através de várias maneiras: colocar o cursor sob a opção desejada, digitar a primeira letra da opção ou um número que a identifique. Além disso, cada item deve ser bem específico, não dando margem a incompreensões sobre o seu efeito. Todas as alternativas do menu devem ser apresentadas sobre a mesma página.

6.1.2. Linguagem de Comandos

O usuário se comunica com o computador através de uma linguagem própria, que ele deve conhecer profundamente. Uma comunicação com o computador através de comandos deve ser destinada apenas a usuários experimentados. Ainda assim, o vocabulário utilizado deve ser significativo ao grupo de usuários para o qual a aplicação é destinada. Estes comandos podem também ser abreviados, mas deve se procurar seguir algumas regras, como usar sempre suas primeiras letras. Para os usuários inexperientes este tipo de diálogo conduz a erros, confusões e frustrações.

6.1.3. Teclas-Função

O usuário indica as ações desejadas pressionando teclas que representam um comando ou um valor de parâmetro. Como as teclas-função permitem um acesso direto, simples e imediato a um determinado item, seu uso é recomendado a funções muito frequentes ou comuns a várias tarefas. Por outro lado, o número de teclas-função não pode ser elevado, por questão de memorização. Além disso as funções associadas às teclas devem ser homogêneas, ou seja, devem ser sempre associadas as mesmas teclas nas diferentes tarefas onde elas podem ser empregadas.

6.1.4. Modo Questão-Resposta

Aqui o computador faz uma série de perguntas às quais o usuário responde. O modo questão-resposta é usado em diálogos bastante flexíveis, onde diferentes usuários se utilizam da aplicação, consultando diferentes assuntos. A aplicação deve atender as necessidades particulares de cada usuário e por isso, qualquer organização rígida de diálogo dificilmente atenderia suas necessidades. É um tipo de diálogo que se aproxima a uma conversa. É o tipo de diálogo que leva a menor taxa de erros por parte do usuário. Todavia pode se tornar cansativo à medida que ele vai conhecendo melhor o sistema. Pode ser aplicado usando-se hipertexto e técnicas de inteligência artificial.

6.2. Apresentação de Informações

Os documentos apresentados ao usuário através de telas de entrada e saída de dados ou relatórios também devem seguir algumas regras de definição. Nesse sentido, dois métodos que permitem

estruturar as informações sobre a tela são a codificação e a segmentação.

Codificação é a diferenciação das informações com o auxílio de símbolos: cores, formas, intensidades, códigos, intermitência.

Os principais modos de codificação são os seguintes:

1. Posição: relaciona-se um significado à posição.
2. Comprimento: dá-se um significado ao comprimento de um item, sendo isso útil em comparações.
3. Cor: é a melhor forma de codificação. Fácil de localizar. Para uma rápida localização das informações é aconselhável que sejam utilizadas apenas 5 cores. As cores podem ser substituídas, não com a mesma eficiência, por achurados e negritos.
4. Intermitência: chama a atenção do usuário mas também é muito cansativo. O usuário deve poder interrompê-la.
5. Símbolos e códigos alfa-numéricos: de preferência mostrar números em tabelas e textos em linhas.
6. Maiúsculas e minúsculas: A utilização de ambas permite uma leitura mais fácil e rápida. A distribuição de letras maiúsculas e minúsculas dão uma forma característica que facilita o reconhecimento da palavra, o que não acontece se ela é escrita toda em maiúsculas.

Segmentação é o agrupamento de informações em sub-grupos significativos para o usuário.

Aproveitando-se da disposição humana em localizar espacialmente a informação pode-se dividir a tela nas seguintes áreas:

1. Area principal de trabalho.
2. Area de entrada de dados.
3. Area de informação sobre as operações em curso.
4. Area de diagnóstico.
5. Area de resposta fixa.

Estudos realizados sobre a apresentação de informações chegam às seguintes conclusões:

1. A densidade global da tela não deve ser elevada. As informações são mais facilmente encontradas quando estão em pequeno número na tela.

2. Mesmo que a densidade global não seja elevada, é necessário evitar que haja densidade localizada. As informações devem ser distribuídas por toda tela.

3. Informações afins devem ser estruturadas e agrupadas, deixando-se linhas em branco entre os parágrafos.

4. A apresentação de telas deve ser homogênea entre uma tela e outra.

6.3. Entrada de Informações

Principais recomendações:

1. Minimizar as operações a serem efetuadas pelo operador.
2. Proteger os comandos e funções perigosas.

3. Cada entrada deve ser digitada apenas uma vez e não deverão ser digitados os dados que o computador tem meios de calcular.

4. Os dados devem ser automaticamente alinhados, independente de serem numéricos ou alfabéticos.

5. A troca de meio de entrada deve ser evitada ("mouse", teclado, mesa digitalizadora).
6. Terminar a entrada de dados de modo explícito, através de uma mensagem de confirmação.
7. Criar uma função que desfaça eventuais erros cometidos na digitação.
8. No caso de entrada de dados que compreendem a transcrição de documentos, as telas de preenchimento devem corresponder aos formulários de papel.
9. A entrada de dados deve ser guiada por mensagens de ajuda e por títulos de campos.
10. Descrever título e teclas-função com palavras que expressem com clareza o sentido do que se quer.

6.4. Mensagens

As mensagens podem compreender uma ampla gama de informações. Podem ser sugestões, diagnósticos de erros, informações sobre o objeto de trabalho, etc. As mensagens devem ser precisas, específicas. Mensagens genéricas não auxiliam o usuário. Além disso elas devem ser construtivas e positivas. Não devem punir o usuário por ter cometido um eventual erro e sim orientá-lo em como agir corretamente para prosseguir em seu trabalho. Devem ser apresentadas em dois ou mais níveis, permitindo que o usuário se aprofunde em determinada dúvida.

6.5. Tempo de Resposta

O tempo de resposta é o tempo que se passa entre uma ação do usuário e uma resposta do computador. É necessário que o usuá-

rio seja advertido sempre que uma determinada tarefa a ser executada pelo computador durar mais de 5 segundos. De outro modo essa situação pode provocar ansiedade, pois ele não sabe se um tempo longo é proveniente de limitações técnicas ou de um erro de sua parte. Outro elemento importante é a estabilidade do tempo de resposta. A conclusão de uma mesma função deve estar sempre associada a um mesmo tempo de resposta.

6.6. Orientação Ao Usuário

Uma forma de deixar o usuário bem orientado numa aplicação é fornecer-lhe respostas claras à suas ações, oferecendo-lhe meios de saber o que ele fez, onde ele está e o que ele pode fazer.

O nível de auxílio ao usuário deve adaptar-se à sua experiência. Num sistema que se adapta ao nível de experiência do usuário a interação entre eles é bastante aprimorada. E necessário um sistema especialista que contenha conhecimentos sobre o domínio da aplicação, o sistema a utilizar, as diferentes tarefas e sobre as características do usuário - seus objetivos, suas hipóteses, seu método preferido de ação, seu nível de experiência e a imagem mental que ele tem do sistema.

O sistema deve conhecer as características do usuário. Para isso deve identificar seu conhecimento. Isso pode ser feito avaliando as sequências de ação do usuário, seus modos de diálogo, os dados que ele deu entrada, seus erros, etc.

6.7. Tratamento de Erros

Durante a utilização de um sistema informático é muito provável que o usuário cometa erros, quer sejam acidentais, quer sejam por incompreensão dos comandos ou significado dos procedimentos. De qualquer forma, faz-se necessário assinalá-los imediatamente após terem ocorrido, pois caso contrário os erros poderiam ser esquecidos (volatilidade da memória de curto termo). Além disso, as mensagens de erro devem ser bem claras, sempre homogêneas umas com as outras. Preferencialmente deve-se indicar o que deve ser feito para corrigir o erro.

7. Conclusão

Como foi visto, pode-se dividir o comportamento de um sistema informático segundo suas características internas, ou seja, como ele decide o que apresentar ao usuário, e segundo suas características externas, ou seja, sob que forma ele apresentará ao usuário o que foi decidido apresentá-lo. A Análise Ergonômica do Trabalho Mental deverá ser utilizada basicamente na determinação da sequência de apresentação de informações, na determinação dos conteúdos dos nodos do hipertexto utilizado como meio de transmissão das informações e na determinação do conhecimento de que o estudante dispõe antes de iniciar uma sessão de ensino. Para este último item deve ser considerada a existência de um módulo de diálogo e avaliação, encarregado de identificar as características do estudante.

Já o desenvolvimento da parte externa do sistema deverá utilizar os conceitos de ergonomia de interfaces vistos neste capítulo. No nosso modelo eles serão utilizados basicamente na de-

terminação da forma como serão apresentadas as informações nos nodos do hipertexto e ainda na interação geral entre o sistema e o estudante que vai utilizá-lo.

No próximo capítulo será abordada a inteligência artificial com o intuito de esclarecer a maneira como se pretende automatizar não somente a Análise Ergonômica do Trabalho Mental, como mencionamos nesse capítulo, mas também outros aspectos do nosso modelo.

CAPITULO VI

INTELIGENCIA ARTIFICIAL E O ENSINO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

1. Introdução

Os sistemas de Ensino Assistido por Computador, desenvolvidos até recentemente, não alcançaram grande sucesso em seu objetivo. Uma das principais razões para esse insucesso é a rigidez com a qual eles são construídos, não tendo capacidade de se adaptar as mais variadas situações que podem surgir num ambiente didático-pedagógico. Afirma Dede¹¹ que dispositivos de ensino baseados em computador que não incorporem alguma forma de programação de inteligência artificial podem incluir modelos muito sofisticados de conceitos e operações em seu domínio de assunto, mas não compreenderão coisa alguma a respeito do estudante ou de abordagens pedagógicas. Por outro lado, dispositivos educacionais que incorporem inteligência artificial entenderiam "o que", "a quem" e "como" eles ensinam, podendo assim ajustar conteúdo e método às necessidades de um único aprendiz, sem estar limitado a um repertório pré-especificado de respostas. Assim sendo, segundo Duchastel¹⁴, o estudante não fica preso a uma sequência pré-determinada pelo projetista do sistema, estando livre para explorar caminhos de acordo com suas hipóteses e interesses à medida que vão surgindo na sessão de ensino. O aprendiz ganha com isso um

certo controle sobre sua interação com o computador. Não obstante, esse controle não é total, dado que o sistema eventualmente efetua intervenções a nível tutorial. Em síntese, o sistema deve induzir o estudante a seguir uma direção considerada interessante no desenvolvimento de aptidões que sejam úteis à sociedade onde ele está inserido, sem por isso tirar-lhe a liberdade de decidir que caminhos seguir.

Contrariamente aos sistemas CAI (Computer-Assisted Instruction) tradicionais, que levavam o estudante a uma sequência instrucional pré-planejada que praticamente não permitia desvios, sistemas ICAI (Intelligent CAI) apresentam diálogos imprevisíveis, sendo constantemente redirecionados, tanto por parte do aprendiz como do sistema. Em sistemas CAI tradicionais, o diálogo com o usuário adapta-se baseado apenas na sua última interação, desconsiderando o entendimento global atual que o estudante tem do assunto. Como nos afirma Duchastel¹⁴, é assumido que se o aprendiz atingiu um determinado ponto do diálogo ele já assimilou os conceitos e habilidades apresentados anteriormente. Essa abordagem até pode ter algum efeito em termos de aprendizagem, mas de qualquer forma, não coopera muito para o aumento da facilidade e satisfação em aprender.

No modelo proposto por este trabalho, a inteligência artificial será utilizada basicamente com o objetivo de determinar o que o estudante não compreendeu daquilo que lhe foi transmitido, o que ele quer saber e o que ele não sabe. Isto deverá ser inferido a partir de suas respostas. Em outras palavras, a inteligência artificial será utilizada na avaliação do conhecimento do estudante, e conseqüentemente da adequação do ritmo e das estraté-

gias de ensino empregadas.

Este capítulo aborda alguns conceitos fundamentais de inteligência artificial, numa tentativa de conceituá-la e descrever os passos básicos do desenvolvimento de um sistema inteligente.

2. Conceitos Fundamentais de Inteligência Artificial

Segundo Chorafas⁸, a "inteligência artificial é um campo científico preocupado em criar sistemas de computação que podem atingir níveis humanos de raciocínio".

Atualmente o objetivo amplo da inteligência artificial é construir:

- sistemas cooperativos que auxiliem seres humanos no seu trabalho diário.
- sistemas autônomos, que podem funcionar sem a intervenção humana.

Essas metas apoiam-se em dois tópicos: equipamentos poderosos voltados à inteligência artificial, com "inteligência" inserida num chip, e sistemas especialistas, que simulam um especialista em determinado domínio de conhecimento específico.

A grande diferença entre os esforços de inteligência artificial atuais e os da década de 50, quando ela teve início, é que, naquela época, tendia-se a usar técnicas de busca que não eram guiadas pelo conhecimento. Em outras palavras, um programa de computador realizava combinações das variáveis envolvidas no problema até encontrar uma combinação que o satisfizesse. Isso funcionava bem para problemas simples e bem estruturados. Para problemas mais complexos, porém, o espaço de busca tende a se expandir exponencialmente de acordo com o número de parâmetros en-

volvidos, e isso torna o tempo de busca muito longo, inviabilizando o processo. Dessa forma, era necessária uma nova abordagem, que enfatizasse o conhecimento em lugar da busca, originando então a engenharia de conhecimento.

Ainda segundo Chorafas⁸, "a engenharia do conhecimento é o processo de capturar e representar conhecimentos num sistema de computação". Esses sistemas são chamados de sistemas especialistas. Sistemas especialistas são programas de inteligência artificial que permitem ao computador ajudar o ser humano num processo de tomada de decisão e resolução de problemas. Esses sistemas contém conhecimentos de um determinado domínio. Esses conhecimentos são compostos tanto por fatos, regras e teorias bem definidas como por heurísticas, que são conhecimentos sem uma explicação formal. De acordo com Hayes-Roth et al.²², os conhecimentos heurísticos são úteis quando se deve lidar com dados errados ou incompletos, ou ainda, para reconhecer abordagens promissoras de determinados problemas. Normalmente os sistemas especialistas são estruturados de acordo com quatro fatores principais:

- um banco de conhecimentos que contém fatos e regras associados a um problema.
- um mecanismo de inferência que controla o uso do banco de conhecimentos na procura de uma solução para um problema.
- uma base de dados global que registra dados de entrada, o status do problema em determinado ponto da resolução e o histórico do que se conseguiu até o momento.
- um módulo de diálogo capaz de ater-se à comunicação homem-máquina, extraíndo respostas e apresentando resultados.

Em termos de recursos de software, salienta-se que a importância recai sobre os mecanismos de inferência do sistema. Esse mecanismo é um programa, ou conjunto de programas, que tenta associar as regras e fatos do banco de conhecimentos com os dados de entrada do problema, com o objetivo de concluir algo, ou em outras palavras, chegar a uma solução para o problema tratado. No entanto, é fundamental que as regras e fatos estejam organizados de uma maneira concordante com os mecanismos de inferência, facilitando a este último a tarefa de "casar" regras e fatos com os dados de entrada.

Quando se usa uma linguagem de inteligência artificial como o PROLOG, na construção de um sistema especialista, não é necessário preocupar-se com o mecanismo (ou programa) de inferência. Ele já está embutido na linguagem. Nossa tarefa resume-se em definir os fatos (ou conceitos) e regras, que nada mais são que o conhecimento do domínio do problema.

Na construção de um sistema especialista, a primeira tarefa, então, é tirar do especialista humano o conhecimento relevante ao problema em questão. E o que se chama de aquisição de conhecimentos.

3. Aquisição de Conhecimentos

A aquisição de conhecimentos talvez seja a tarefa mais difícil a ser realizada pelo projetista de um sistema especialista. Além de procurar os conhecimentos em livros e outros documentos, ele deve manter contatos com um especialista, observá-lo e identificar as regras e fatos que ele utiliza para resolver os problemas. A dificuldade reside no fato que o conhecimento do espe-

cialista muitas vezes não é formalizado. Muito do conhecimento do especialista foi adquirido enquanto ele resolvia problemas práticos, que contém um número bem maior de variáveis que problemas teóricos encontrados em livros. Isso permite, sobretudo, que o especialista forme uma imagem mental bem precisa do problema, o que Ochanine (1981) descreveu como sendo imagem operativa.

O engenheiro do conhecimento deve, então, motivar o especialista a verbalizar a imagem mental que ele tem do problema e quais as regras que ele utiliza sobre essa imagem mental para resolvê-lo. Infelizmente o próprio especialista só percebe as estratégias de resolução de problemas no momento de fazê-lo, o que impede de, numa simples entrevista, identificar exhaustivamente os conhecimentos relacionados a um tipo de problema. Ainda para tornar a identificação das estratégias de resolução de problemas utilizadas pelo especialista mais complexa, existe aquele tipo de conhecimento que ele adquiriu em experiências passadas, mas não sabe exatamente como explicá-los. Um exemplo é o construtor de casas que sabe estimar a estrutura necessária para suportar o peso da casa, mas seria incapaz de explicar formalmente o porque da sua decisão. Ele simplesmente faz como sempre fez na sua vida. De certa forma, isso também pode evidenciar que mesmo os especialistas nem sempre tem uma solução ótima para os problemas com que se deparam.

Esse último exemplo também é útil para demonstrar a dificuldade de verbalizar conhecimentos que são essencialmente visuais, por exemplo. O construtor pode saber avaliar a espessura das vigas que serão utilizadas na construção porque as informações visuais que ele recebe, lhe dizem que elas são suficientes

para suportar o peso que ele estima ao olhar as dimensões da casa. Por isso, muitas vezes é impossível para um especialista descrever seu conhecimento de uma maneira sistematizada, e isso deve ser plenamente considerado pelo engenheiro de conhecimento.

Hayes-Roth et al.²² sugerem uma sequência de etapas para realizar a aquisição de conhecimentos de um sistema especialista. Contudo, eles próprios advertem que essa sequência nos dá apenas uma visão genérica, podendo variar de caso para caso. A figura 7 mostra estas cinco etapas.

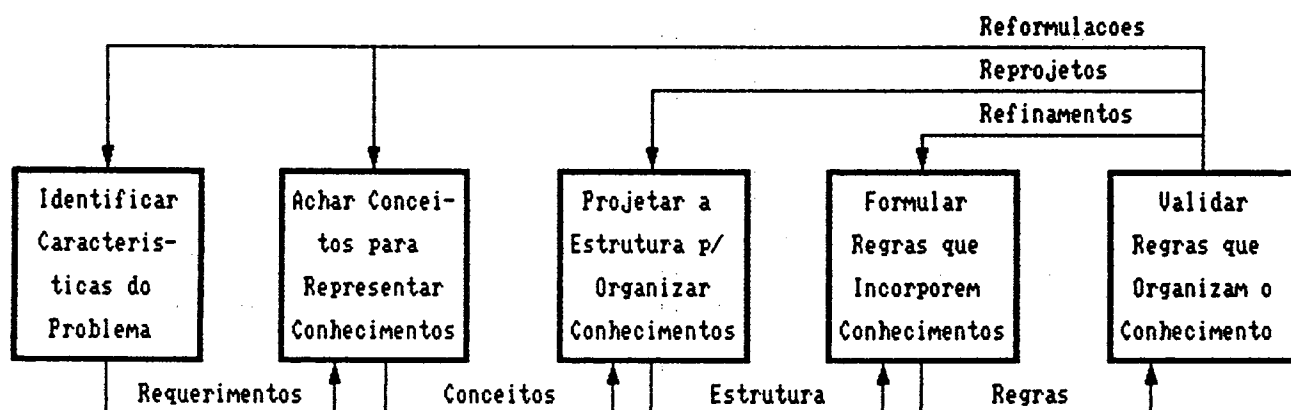


Figura 7 - Estágios da Aquisição de Conhecimentos.²²

Na etapa de identificação o engenheiro de conhecimentos e o especialista trabalham juntos no sentido de identificar a área do problema e definir seu escopo.

Na etapa de conceitualização o engenheiro de conhecimentos e o especialista explicam os conceitos-chave, relações e características do fluxo de informações necessários para descrever o processo de resolução de problemas num dado domínio.

A formalização envolve o mapeamento dos conceitos-chave e relações numa representação formal, sugerida por alguma ferramen-

ta ou linguagem, para desenvolvimento de sistemas especialistas. No caso do PROLOG, esta representação se dá através das expressões lógicas.

Na implementação o engenheiro de conhecimentos combina e reorganiza o conhecimento formalizado para torná-lo compatível com as características do fluxo de informações do problema e da ferramenta utilizada. É criado um protótipo de sistema especialista.

Por fim, os testes envolvem a avaliação do desempenho do programa-protótipo e sua revisão, para adequá-lo aos padrões de excelência definidos pelos especialistas para aquele problema. Neste estágio pode-se determinar a insuficiência de conhecimentos na base de conhecimentos. Deve-se voltar então à etapa 2.

4. Representação de Conhecimentos

Uma tarefa essencial na construção de um sistema especialista é arquitetar a representação de conhecimentos, ou seja, organizar fisicamente o conhecimento de forma que o programa possa prontamente acessá-lo para realizar inferências e tomar decisões. Algumas maneiras de codificar o conhecimento, extraídas de Harmon & King²¹, são apresentadas a seguir:

4.1. Redes Semânticas

É o esquema de representação mais genérico e um dos mais antigos. Uma rede semântica é uma coleção de objetos representados por nodos. Esses nodos são conectados por ligações que expressam uma relação entre eles. Tanto os nodos quanto as ligações são rotulados. A figura 8 exemplifica este tipo de representação

de conhecimento.

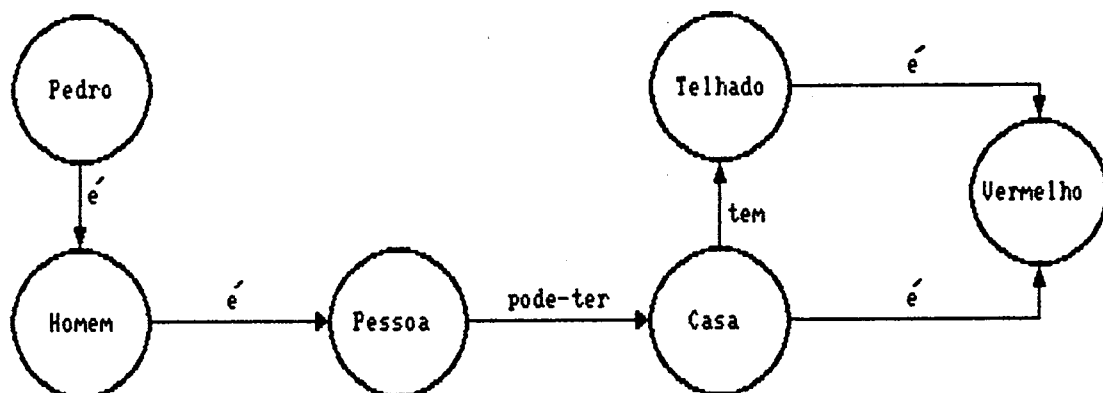


Figura 8 - Exemplo de Rede Semântica.²¹

Os objetos representados pelos nodos podem ser tanto físicos como entidades conceituais. Além disso, os nodos também representam descritores que podem ser relacionados com os objetos que eles descrevem através das ligações.

A maior vantagem das redes semânticas é a flexibilidade de acrescentar nodos e ligações.

4.2. Triplas Objeto-Atributo-Valor (O-A-V)

Neste caso, como nas redes semânticas, os objetos também representam entidades físicas ou conceituais. Os atributos são características ou propriedades associadas com o objeto e o valor determina a natureza específica de um atributo em dada situação. Um exemplo é dado pela figura 9.

Cada tripla por sua vez pode ser relacionada com outras, formando inclusive uma hierarquia.

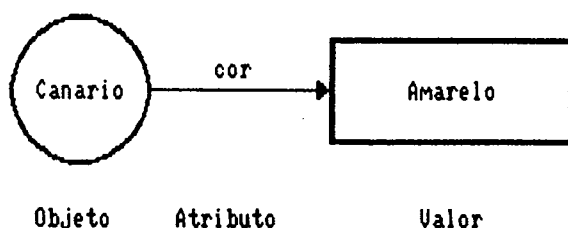


Figura 9 - Exemplo de Tripla O-A-V.²¹

4.3. Estruturas ("Frames")

Em relação à estrutura O-A-V são mais ricas em termos de representação, porém mais complexas e difíceis de desenvolver. A descrição de cada objeto contém "slots" para todas as informações associadas ao objeto. "Slots" são espaços a serem preenchidos com valores de atributos. Os "slots" podem armazenar valores, sendo que na ausência deles podem ser assumidos valores "default". Podem ainda conter apontadores a outras estruturas ou procedimentos, através dos quais valores podem ser obtidos. A figura 10 exemplifica este tipo de representação de conhecimento.

CASA	
Atributos	Valores
Dono:	Pedro da Silva
Cor:	Branca
Conservacao:	Boa
Material Empregado:	Madeira
Bairro:	Trindade
Tamanho:	120
Classificacao:	Tomar atributos Bairro e tamanho e pesquisar na tab. X

Figura 10 - Exemplo de um "Frame".²¹

4.4. Regras

Segundo Waterman⁴⁰, as regras são a maneira mais popular de representação de conhecimentos. Elas provêm uma maneira formal de representar recomendações, diretivas ou estratégias. São expressas em sentenças do tipo SE-ENTÃO. Num sistema especialista, as regras são combinadas com uma coleção de fatos a respeito da situação corrente, adicionando novos fatos a base de conhecimentos, até que se possa chegar a uma conclusão do problema tratado. Exemplos:

Se Risco-do-Investimento = "BAIXO" e
 Capital-Inicial < Capital-Disponível e
 Retorno > 0,5

Então

Decisão = "APROVADO"

Se Risco-do-Investimento = "MEDIO" e
 Capital-Inicial < Capital-Disponível e
 Retorno > 0,8

Então

Decisão = "APROVADO"

Se Capital-Inicial > Capital-Disponível

Então

Decisão = "REPROVADO"

4.5. Expressões Lógicas

Harmon & King (1985) alegam que "a lógica prevê uma outra maneira de manter fatos sobre o mundo. Fatos tomam a forma de ex-

pressões lógicas que consistem de predicados e valores. Expressões lógicas que descrevem conhecimentos são ou verdadeiras ou falsas".

Usa-se o cálculo de predicados para representar conhecimentos e formar sentenças a respeito de objetos. Exemplos:

a) é-azul(carro) significa que o objeto carro é azul.

b) filho(joão,pedro) significa que o objeto joão é filho do objeto pedro ou vice-versa.

c) gosta-de(maria,maça).E.gosta-de(maria,laranja) significa que o objeto maria gosta dos objetos maçã e laranja.

5. Conclusão

Os estágios da aquisição de conhecimentos, descritos neste capítulo, podem também ser encarados como os estágios do desenvolvimento de um sistema especialista, pois, para que a tarefa de aquisição de conhecimentos esteja completa, os conhecimentos envolvidos devem ser testados. Para tal, é necessário implementá-los. O desenvolvimento de um sistema especialista se dá através de uma série de iterações, onde ele vai sendo aprimorado. Isto acontece porque a tarefa de aquisição de conhecimentos é muito complexa, e dificilmente será completa. Portanto, o desenvolvimento de um sistema especialista é uma tarefa que não tem um final bem definido.

Na automatização do ensino, os sistemas especialistas são importantes principalmente na determinação das características do estudante. É necessário desenvolver um módulo especialista que determine as características cognitivas do estudante, como capacidade de memorização, aprendizagem, atenção e raciocínio. É ne-

cessário, também, determinar o comportamento do estudante e sua satisfação com relação ao material com o qual ele interage. Sem levar em conta estas considerações, corre-se o risco de produzir um sistema que não se adapte ao usuário, provocando seu desinteresse.

CAPITULO VII

MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE ENSINO INTELIGENTE ASSISTIDO POR COMPUTADOR

1. Introdução

Os capítulos precedentes proporcionaram uma visão dos principais conceitos a serem utilizados no modelo de desenvolvimento de sistemas EAC. Neste capítulo procura-se criar uma estrutura para um sistema de Ensino Inteligente Assistido por Computador e detalhar a sequência a ser seguida para se construir essa estrutura fisicamente.

2. Um Modelo de Sistema de Ensino Inteligente Assistido por Computador

Os conhecimentos que adquirimos com relação a hipertexto, ergonomia cognitiva e inteligência artificial, aliados com a leitura de inúmeros artigos sobre EAC e contatos com sistemas já desenvolvidos, possibilitaram a concepção de uma estrutura de sistema EAC representado pela figura 11.

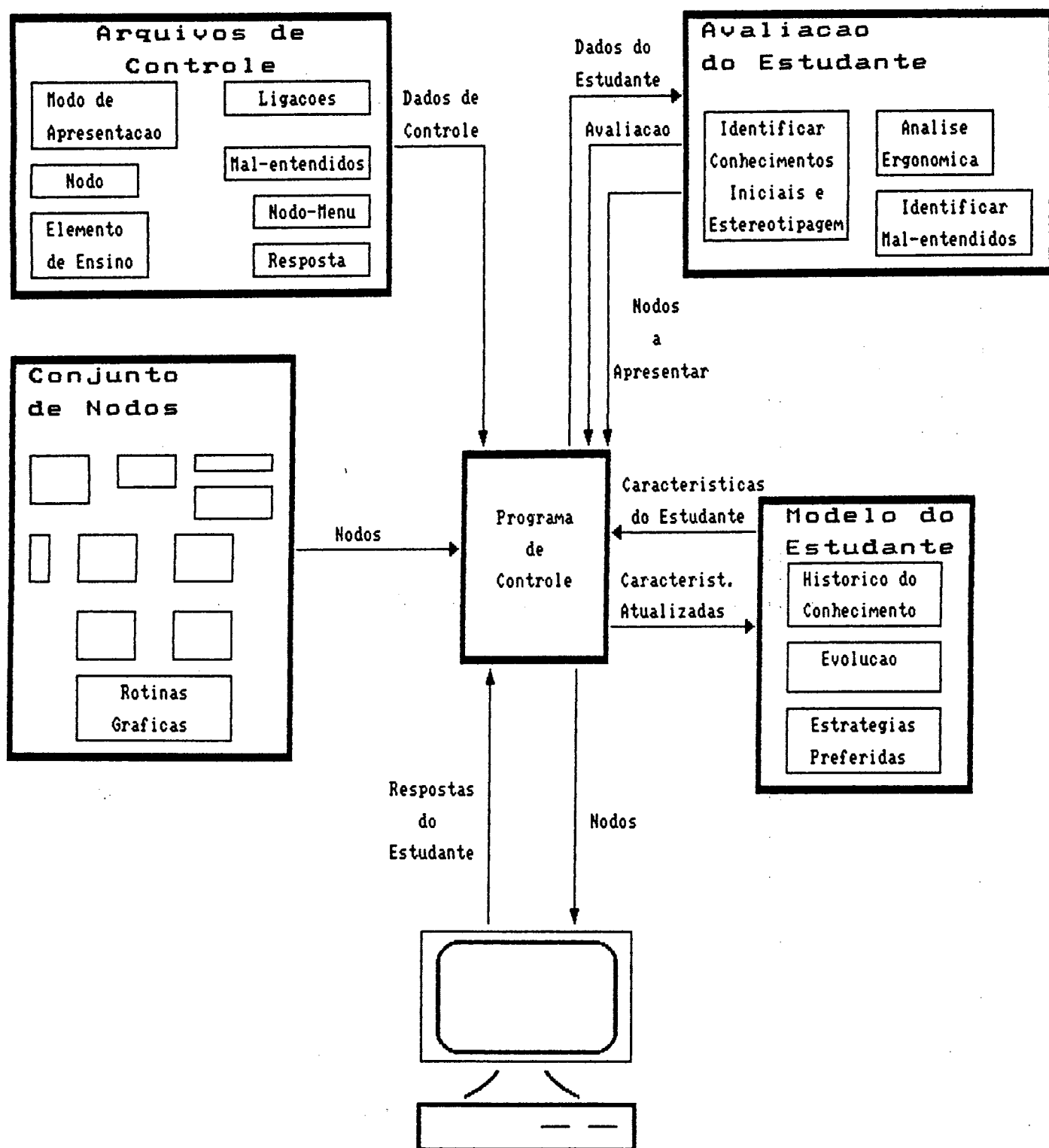


Figura 11 - Modelo de Sistema EIAC

Este modelo sugerido, representado graficamente pela figura 11, é constituído de 5 módulos básicos, descritos a seguir.

2.1. Conjunto de Nodos do Hipertexto

Todas as informações e conhecimentos a serem transmitidos para o estudante estão armazenados e serão apresentados sob a forma de uma sequência de nodos de hipertexto. Este conjunto de nodos é um dos cinco módulos do sistema EIAC que está sendo sugerido. Além dos nodos que apresentam textos, figuras e gráficos, também podem existir nodos que contêm rotinas gráficas. Essas rotinas gráficas podem ser responsáveis por animação de duas maneiras: primeiramente através da aplicação de uma função sobre um determinado domínio. Os resultados da função podem gerar as coordenadas em que serão traçadas um gráfico, por exemplo, ou ainda determinar a posição de uma figura. A segunda maneira de se conseguir animação é através de um programa responsável pela apresentação de uma sequência de quadros. A primeira maneira é útil quando as características da animação dependem de uma variável fornecida pelo usuário. A interação com o usuário é aprimorada, mas é praticamente limitada a animações em duas dimensões. A segunda forma de se conseguir animações é mais trabalhosa no sentido da preparação dos quadros, ocupa bastante espaço de memória de disco, mas possibilita a apresentação de animações em três dimensões, o que, muitas vezes, é indispensável para esclarecer detalhes mais complicados.

Outra consideração importante da sequência de nodos do hipertexto é que, preferencialmente devem existir mais de uma delas, de acordo com várias estratégias de ensino ou modos de apresenta-

ção. Desta forma, pode-se ter para um mesmo assunto tratado, uma sequência de apresentação bem detalhada, outra mais genérica, outra que fornece um número elevado de exercícios ou vice-versa, sequências de apresentação elaboradas por pessoas diferentes e outras ainda:

Além dos diferentes modos de apresentação de um mesmo assunto, devem existir diferentes tipos de nodos. Os nodos utilizados para apresentar conhecimentos, tanto de um modo formalizado quanto sob a forma de exemplos são nodos de apresentação. Além desses, são extremamente importantes nodos de avaliação, que constituir-se-ão na principal maneira de se identificar as características do estudante, seja de uma maneira explícita, a partir de suas respostas, seja de uma maneira implícita, a partir do que é inferido de seu comportamento diante dos nodos de avaliação. Outro tipo de nodo que pode estar presente é o nodo menu, que auxilia na determinação da sequência de nodos a ser apresentada. Outro tipo de nodo, também importante, é o nodo de correção. Este tipo pode ser considerado uma particularização do nodo de correção. Porém, sua principal função, não é, como nos nodos de apresentação, auxiliar o estudante na simples aquisição de conhecimentos. O objetivo desses nodos é eliminar conhecimentos errados presentes na memória do estudante. Estes nodos serão apresentados sempre que o sistema detectar um mal-entendido por parte do estudante e têm como objetivo eliminá-los. Eventualmente também colaborarão com a transmissão de alguns conhecimentos ao estudante.

Desta forma, uma sequência de nodos que é apresentada pode conter diversos tipos de nodos. Cada sequência de nodos, por sua vez, está especificada num conjunto de arquivos de controle do

hipertexto.

2.2. Arquivos de Controle do Hipertexto

Para que o sistema possa controlar características da apresentação, como posição na tela onde serão mostrados os nodos, sequência de nodos de acordo com cada modo de apresentação, características particulares de cada nodo, ligações implícitas relacionadas a cada nodo, relações de pré-requisitos entre nodos, que caminhos seguir a partir de menus ou de situações onde o comportamento do estudante deve ser corrigido e ainda possa avaliar as respostas do estudante, são necessários um grupo de arquivos de controle, que armazenarão dados sobre todos esse detalhes.

A figura 12 ilustra uma situação onde temos um conjunto de conceitos a transmitir ao estudante. Esses conceitos são fundamentais para a compreensão das regras, que por sua vez formarão uma estratégia de resolução de problemas. O que temos aqui, é uma estrutura que define pré-requisitos entre os vários elementos de ensino que serão transmitidos. Por sua vez, cada um desses elementos de ensino (conceitos, regras, estratégias de resolução de problemas) pode ser explicado através de mais de uma sequência de nodos, de acordo com o modo de apresentação mais adequado ao estudante. Isso é ilustrado na figura 13. A linha cheia simples representa uma sequência de apresentação onde primeiramente são apresentados todos os conceitos, em seguida as regras, e então a estratégia de resolução de problemas, ou seja, primeiramente os elementos de nível mais baixo. A linha pontilhada representa uma sequência onde tenta-se sempre apresentar o elemento de nível mais alto, com a ressalva de que seus pré-requisitos devem ser

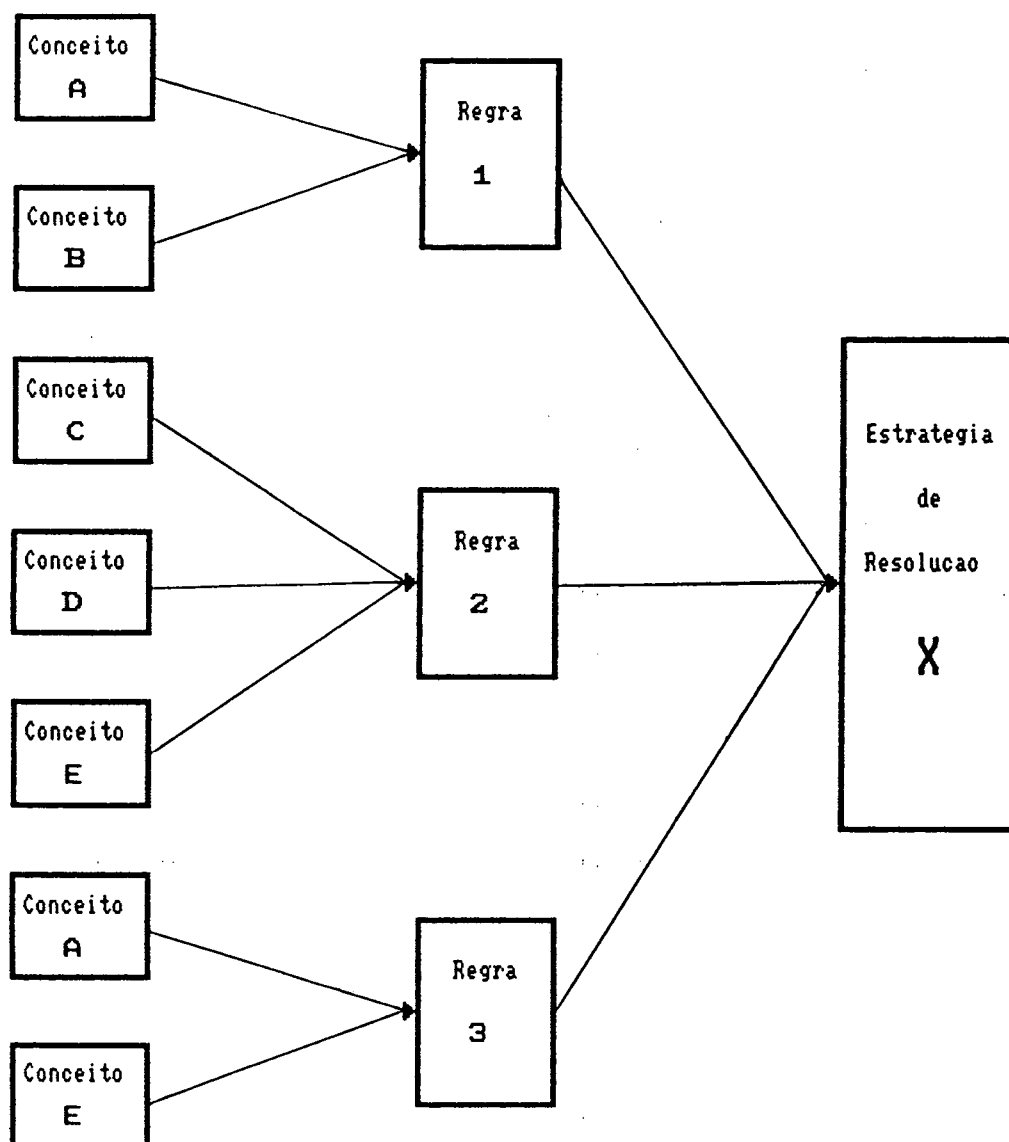


Figura 12 - Hierarquia da Aprendizagem.

apresentados antes. A linha dupla representa algo semelhante a linha cheia simples, porém a apresentação é mais detalhada. Outros nodos de apresentação podem ser imaginados e suas implementações são semelhantes as apresentadas.

Dois arquivos fundamentais para a apresentação do sistema são o arquivo "NODO" da figura 14 e o arquivo "MODO DE APRESENTA-

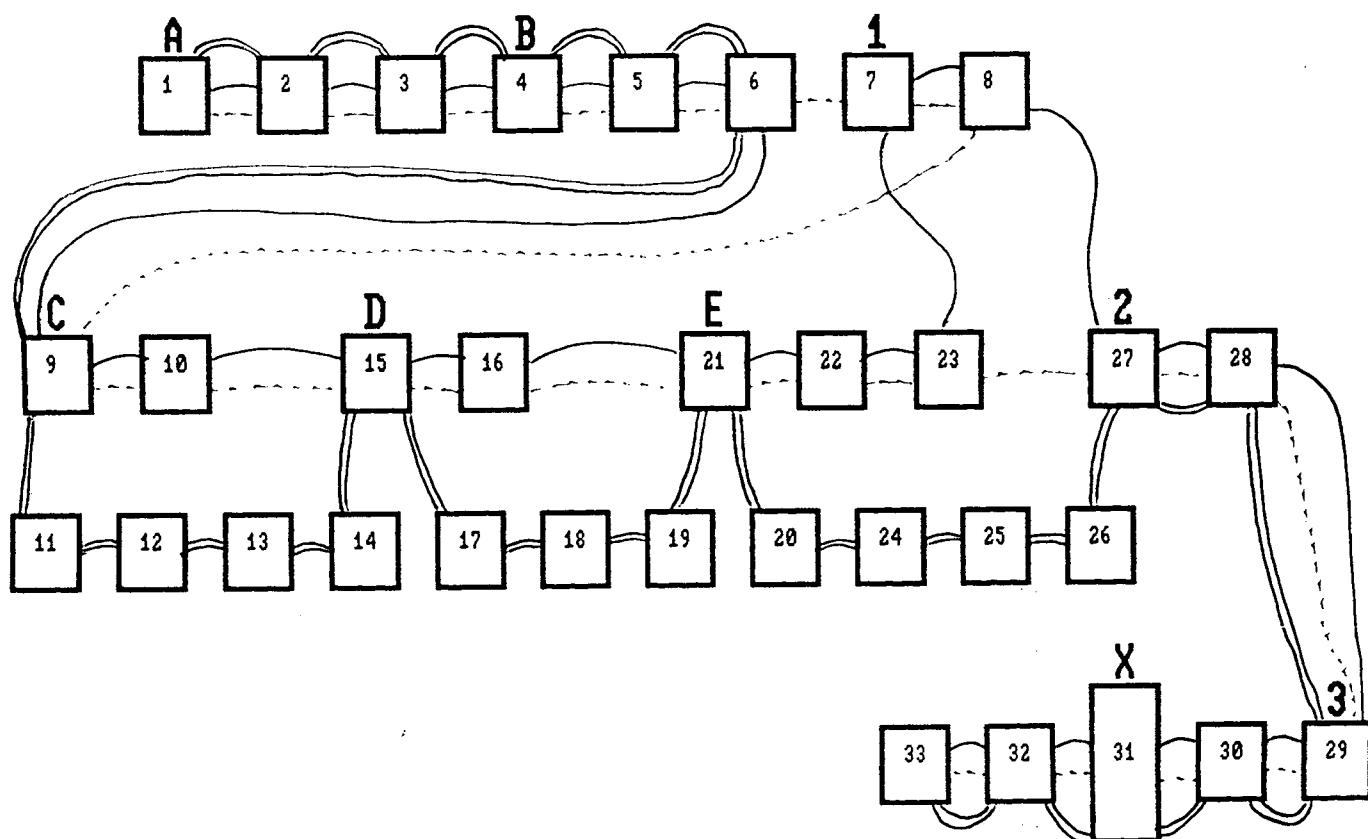


Figura 13 - Esquematisação das ligações entre os nodos do hipertexto.

ÇAO" da figura 15. O arquivo "MODO DE APRESENTAÇÃO" define, para cada elemento de ensino, e de acordo com cada modo de apresentação, qual o primeiro nodo a ser apresentado. No arquivo "NODO", tem-se, para cada modo de apresentação, qual o próximo nodo a apresentar, ou qual o nodo antecessor, caso se queira regredir alguma coisa na apresentação. Lembre-se que a apresentação pode começar por qualquer elemento de ensino, dependendo do nível em que o estudante se encontra.

Nodo																	
Nodo	Nodo-antec-por-seq					Nodo-sucessor-por-seq					Lin	Col	Espera-enter	Limpa-tela	Lin-resp	Col-resp	Tipo
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5							
1	0		0			2		2			0	400	sim	nao			form
2	1		1			3		3			300	450	sim	nao			form
3	2		2			4		0			400	100	sim	nao			form
4	3					5					500	300	sim	nao			form
5	4					6											
6	5					7											
7	6					8											
8	7					9											
9	8				14	10				0							
10	9					15											
11					0					12							
12					11					13							
13					12					14							
14					13					9							
15	10					16											
16	15					21											
17																	
18																	
19																	
20																	
21	16					22											
22	21					23											
23	22					27											
24																	
25																	
26																	
27	23					28											
28	27					29											
29	28					30											
30	29					31											
31	30					32											
32	31					33											
33	32					34											
34	33																menu

Figura 14 - Exemplo do arquivo "NODO".

Modo de Apresentacao		
Elemento	Modo-Apresentacao	Prim-Nodo-Apresentacao
A	1	1
A	2	1
A	3	1
B	1	4
B	2	4
B	3	4
C	1	9
C	2	9
C	3	9
C	4	9
C	5	11
D	1	15
D	2	15
D	3	15
D	4	15
E	1	21
E	2	21
E	3	21
E	4	21
1	1	7
1	2	7
1	3	7
2	1	27
2	2	27
2	3	27
3	1	29
3	2	29
3	3	29

Descricao-Apresentacao	
Modo-Apresentacao	Descricao
1	Regras primeiro
2	Conceitos primeiro
3	Elemento isolado
4	Sequencia detalhada
5	Exemplos primeiro

Figura 15 - Exemplo do arquivo "MODO DE APRESENTAÇÃO".

No arquivo "NODO" ainda encontramos, para cada nodo, o seu tipo, a posição na tela onde ele será apresentado, um indicador de se deve-se esperar que o estudante digite a tecla "enter" para prosseguir com a apresentação. A presença desse indicador é um bom método para poupar espaço em disco quando se quer apresentar simultaneamente dois ou mais nodos que não ocupam toda uma tela.

É por isso também que deve existir um campo que indique se a tela deve ser limpa antes da apresentação do nodo ou se deve-se simplesmente sobrepor ao que havia na tela. Para os nodos de avaliação, é importante saber em que posição da tela deve se digitada a resposta do estudante.

Quando, dentro de uma sequência de nodos, é apresentado um nodo do tipo menu, o sistema deve recorrer ao arquivo "MENU" (figura 16), que identifica, para cada opção que o estudante possa escolher e para cada modo de apresentação, qual o caminho a seguir.

Para os nodos de avaliação, o arquivo "RESPOSTA" (figura 16) registra as respostas corretas. O arquivo "MAL-ENTENDIDOS" (figura 16) registra o início de sequências de correção do comportamento do estudante, de acordo com seu modo de apresentação preferido. A hierarquia dos elementos de ensino é registrada no arquivo "ELEMENTOS-DE-ENSINO" (figura 16). Com esse arquivo, pode-se determinar quais são os pré-requisitos de um determinado elemento e qual seu nível na hierarquia. Através desse arquivo, nota-se, por exemplo, que os pré-requisitos do elemento 2 são os elementos C, D e E. Os pré-requisitos do elemento 1 são os elementos A e B. Assim, pode-se evitar de transmitir ao estudante elementos cujos pré-requisitos são desconhecidos.

Por fim, o arquivo "LIGAÇÕES-IMPLICITAS" (figura 16) registra qualquer ligação entre pontos de qualquer nodo, com seus nodos complementares, sem seguir qualquer modo de apresentação formal.

Elemento-Ensino		
Elemento	Antecessor	Nivel
A	Ø	Ø
B	Ø	Ø
C	Ø	Ø
D	Ø	Ø
E	Ø	Ø
1	A	1
1	B	1
2	C	1
2	D	1
2	E	1
3	A	1
3	E	1
X	1	2
X	2	2
X	3	2

Menu						
Cod-nodo	Opcao	Seq-1	Seq-2	Seq-3	Seq-4	Seq-5
34	1	57	57	57		
34	2	83	83	83		
34	3	94	94	94		

Ligacoes					
Nodo Origem	Ponto de Ligacao				Nodo Destino
	Linha Inicial	Coluna Inicial	Linha Final	Coluna Final	
7					1
7					4
27					9
27					15
27					21
29					1
29					21
31					7
31					27
31					29

Mal-entendidos					
Mal-entendido	Seq-1	Seq-2	Seq-3	Seq-4	Seq-5
M1	61	61	61		
M2	67	67	67		
M3	73	73	73		

Resposta	
Cod-nodo	Resposta
6	B

Figura 16 - Exemplos de arquivos complementares ao controle dos nodos do hipertexto.

2.3. Avaliação do Estudante

Um outro módulo do modelo sugerido é o de avaliação do estudante. Para poder se adaptar ao estudante o sistema precisa conhecê-lo. Portanto, é fundamental um módulo responsável pela análise da interação entre sistema e estudante. É necessário deter-

minar o que o estudante conhece, quais seus mal-entendidos, quais seus modos de apresentação preferidos, qual sua capacidade de raciocínio e abstração. O principal instrumento usado por este módulo para interagir com o estudante são os nodos de avaliação. Portanto, a forma e conteúdo dos nodos de avaliação estão intimamente relacionados com o processamento de informações desse módulo.

Este módulo tem 3 funções básicas:

a) gerar um conjunto de conhecimentos iniciais a respeito do estudante, inclusive fazendo inferências a partir do conhecimento de outros estudantes com características semelhantes. Neste conjunto de conhecimentos iniciais estão incluídos conhecimentos do assunto tratado, quais os prováveis modos de apresentação pelos quais o estudante terá preferência, uma estimativa de sua capacidade de raciocínio e de abstração. Também nesta fase de aproximação deve haver uma apresentação do funcionamento do sistema ao estudante. Antes de começar a formação do estudante é preciso ter-se certeza que ele compreende as características do sistema, por mais simples que sejam.

b) analisar toda a interação com o estudante, em todos os momentos, detectando assim, mudanças e evoluções em seu comportamento. Basicamente essas mudanças de comportamento são relativas ao conjunto de conhecimentos relacionados ao assunto tratado que o aluno domina, de sua capacidade de raciocínio e de abstração e às estratégias preferidas de aprendizagem (modos de apresentação).

c) identificar mal-entendidos, que são conhecimentos errados que o estudante considera corretos. Estes mal-entendidos serão um empecilho para a boa compreensão do assunto, e por isso

devem ser eliminados. Uma pista para a possível existência de mal-entendidos é quando o estudante não compreende determinada sequência instrucional.

As três funções deste módulo são apoiadas em condições. Em outras palavras, as características do estudante que serão determinadas por elas estão condicionadas a variáveis. A medida que os valores dessas variáveis mudam, também mudam as conclusões a respeito do estudante.

Como essa análise será feita pelo computador, tem-se um sistema com características de inteligência artificial, independentemente se elas forem implantadas em uma linguagem de terceira geração ou em PROLOG ou LISP. Além disso, a determinação das características de uma pessoa, do ponto de vista educacional, é uma tarefa especializada, que exige o conhecimento de especialistas. Por essas razões o módulo de avaliação do estudante é um módulo com características de sistema especialista.

2.4. O Modelo do Estudante

O modelo do estudante é um conjunto de arquivos que registra informações a respeito de cada estudante particular. Ou seja, cada estudante terá um disquete, por exemplo, onde serão gravados os dados a seu respeito. Uma característica muito importante do modelo do estudante é que ele é dinâmico. A medida que o estudante utiliza o sistema sua interação com ele pode fornecer indícios que serão usados na atualização de seus dados. Isso exige também que alguns nodos sejam projetados visando a obtenção desses dados. Assim, o módulo de avaliação examina o conteúdo atual do Modelo do Estudante, determina que nodos apresentar (visando a ob-

tenção de informações do estudante, e com base nessas informações, reatualiza o Modelo do Estudante. A atualização do Modelo do estudante deve ser feita com o máximo de frequência e sempre que o desenrolar da apresentação propiciar uma oportunidade.

Basicamente os dados que o Modelo do Estudante deve conter são que estratégias de ensino são as preferidas do estudante, tanto explicitadas por ele, quanto determinadas pelo sistema, com base no desempenho relacionado a cada uma. Além disso, um histórico da evolução do conhecimento do estudante em relação aos elementos de ensino tratados e um histórico da evolução de sua capacidade de raciocínio e de abstração (ver figura 17).

Conhecimento-Estudante			
Elementos Ja Dominados	Data	Continua Dominado	Categoria
A		N	
B		S	
1		S	
C		S	

Estrategias Solicitadas			
Estrategia	Numero de Solicitacoes	Acertos	Testes
1	10	71	100
2	5	15	31
3	2	5	55
4	0	0	3
5	0	0	2

Estrategia/Elemento			
Elemento	Estrategia	Acertos	Testes
A	1	7	10
A	2	2	8
B	2	3	9
B	3	1	5
1	1	14	19
1	4	0	2
C	5	0	1

Evolucao			
Abstracao		Raciocinio Logico	
Data	Nivel	Data	Nivel
	.1		.3
	.2		.5
	.5		.6
	.4		.6
	.5		.7
	.6		.6

Figura 17 - Exemplos de arquivos do Modelo do Estudante.

O conteúdo do Modelo do Estudante apresentado aqui é uma sugestão inicial. Um modelo completo deverá ser elaborado à medida que for sendo desenvolvido o módulo de avaliação do estudante, uma vez que esses dois módulos estão intimamente relacionados e são interdependentes.

2.5. O Programa de Controle

O programa de controle é responsável pelo gerenciamento dos demais módulos e pelo controle da interação com o estudante.

Com base nas características do estudante, que constam no Modelo do Estudante, e nos arquivos de controle, o programa determina a sequência de nodos a apresentar. Ele também gerencia os comandos recebidos do estudante, agindo de acordo. Nas sequências de apresentação, eventualmente encontram-se nodos de avaliação. O comportamento do estudante diante desses nodos é enviado ao nodo de avaliação que devolve suas conclusões ao programa de controle. Este reatualiza o Modelo do Estudante e o ciclo é recomeçado.

3. A Sequência para Construção do Modelo de Sistema EIAC

Apresenta-se a seguir uma sequência de passos, que tem como objetivo criar fisicamente o modelo de sistema EIAC. Dividiu-se esta sequência em seis partes principais, quais sejam:

1. Planificação dos conhecimentos a serem transmitidos.
2. Refinamento do plano de transmissão dos conhecimentos através de considerações ergonômicas.
3. Elaboração da representação gráfica dos conhecimentos e dos nodos do hipertexto.

4. Programação de um ambiente de apresentação utilizando o conceito de hipertexto.
5. Programação de um módulo de avaliação do estudante.
6. Análise ergonômica e didática da utilização do sistema, e correções.

3.1. Planificação dos Conhecimentos a Serem Transmitted

Como já foi visto no capítulo V, na aprendizagem de resolução de problemas primeiramente assimila-se os conceitos relacionados ao problema. Após, assimila-se regras que empregam esses conceitos. Então, verifica-se as maneiras mais eficazes de agrupar as regras para resolver o problema. Nesta primeira etapa do desenvolvimento de um sistema EIAC, deve-se representar num plano, de maneira muito bem detalhada, a sequência de conceitos, regras e estratégias de resolução de problemas que se quer transmitir.

Este plano, que será usado no decorrer do desenvolvimento do sistema EIAC, deve deixar claro também todos os pré-requisitos de um determinado conceito ou regra. Não se pode transmitir ao estudante um conceito, por exemplo, que, para ser compreendido, dependa de outro conceito que ainda não foi transmitido. Os conhecimentos devem ser transmitidos em uma sequência muito bem planejada em termos didático-pedagógicos. Desta forma, o grupo de pessoas para executar esta etapa do desenvolvimento do sistema EIAC deve, além de dominar completamente o assunto em questão, ter competência para organizar todas as partículas de conhecimento, didaticamente. Salienta-se que os conhecimentos presentes neste plano podem, e devem, sempre que possível, ser representa-

dos graficamente. As pessoas indicadas a trabalhar nesta etapa são especialistas no assunto e pedagogos, que muitas vezes podem ser a mesma pessoa (quando se trata de um professor). O trabalho desta etapa deve ser meticoloso e detalhado e deve levar em consideração a lógica de aprendizado das pessoas.

Além da representação dos conceitos, regras e estratégias de resolução de problemas, deve ser planejada também a representação de módulos de avaliação do estudante e a representação de problemas e exemplos de suas soluções.

3.2. Refinamento do Plano de Transmissão dos Conhecimentos Através de Considerações Ergonômicas

Apesar do plano resultante da etapa 1 (Planificação dos Conhecimentos a Serem Transmitidos) estar elaborado visando uma apresentação didática dos conhecimentos, ele não considera detalhes ergonômicos da elaboração das telas de apresentação.

O ergonomista será responsável pela consideração de todos os detalhes relevantes de ergonomia como os vistos no capítulo V.

Além disto, o ergonomista tem uma vivência maior na identificação dos símbolos que transmitem algo às pessoas-alvo. Ele também pode estimar a carga informacional ideal para cada tela. Ele ainda pode explorar conceitos, como o de imagem operativa, evidenciando as informações importantes, visando uma compreensão mais clara do assunto por parte do estudante. O ergonomista, então, será o responsável pela criação da última versão do plano de transmissão dos conhecimentos, em papel, já levando em consideração a disposição das representações dos conhecimentos nas telas de apresentação e as possíveis sequências dessas telas. O ergono-

mista também está incumbido de adicionar ou modificar elementos da parte gráfica do plano (desenhos, esquemas, gráficos, animações) e determinar o momento e a posição onde serão apresentados estes elementos gráficos.

O resultado desta etapa é, portanto, uma espécie de projeto de hipertexto, que considera detalhes pedagógicos e ergonômicos.

3.3. Elaboração da Representação Gráfica dos Conhecimentos e dos Nodos do Hipertexto

Nesta etapa do desenvolvimento de sistema EIAC, os planos resultantes da segunda etapa (Refinamento do Plano de Transmissão dos Conhecimentos Através de Considerações Ergonômicas) são entregues a um desenhista que se encarregará de produzir, em um meio informático, todas as representações gráficas nele contidas (desenhos, gráficos, esquemas, tabelas, animações).

Além disso, devem ser construídos todos os nodos do hipertexto. Estes nodos são partículas de conhecimento e podem ser tanto textuais como gráficos. Vale ressaltar que um nodo do hipertexto não ocupa necessariamente toda uma tela. Uma tela pode conter vários pequenos nodos. As dimensões dos nodos devem estar contidas no plano resultante da segunda etapa.

A construção dos nodos deve se basear no plano produzido pelo ergonomista. Portanto, é desejável que o desenhista interaja com o ergonomista, para que os nodos produzidos estejam exatamente de acordo com o que o ergonomista planejou.

3.4. Programação de um Ambiente de Apresentação Utilizando o Conceito de Hipertexto

Estando os nodos do hipertexto devidamente preparados e armazenados, deve-se organizá-los de maneira que sejam apresentados ao estudante em sequências lógicas e também flexíveis. A intenção não é formar um hipertexto rígido, que será apresentado da mesma forma sempre que for acessado. Pelo contrário, deve-se elaborar um hipertexto que se adapte às características do usuário e da interação que está acontecendo. Portanto, precisa-se de uma estrutura que determine que tipo de nodo deve ser apresentado e, qual nodo especificamente dentro de cada tipo. Essa estrutura deve considerar várias coisas: a sequência especificada pelo pedagogo e pelo ergonômista, as características do estudante, seu modo preferido de aprendizagem e os conhecimentos que ele já tem. Para tanto, precisa-se manter para cada nodo, informações de como proceder em cada situação onde ele for acessado.

Um sistema EAC deve ser flexível e prover várias formas de apresentação dos conhecimentos. Naturalmente, as sequências de apresentação dos nodos para cada forma de apresentação deverão ser informadas ao sistema, a partir dos planos vindos do ergonômista e do pedagogo. Essas sequências serão armazenadas nos arquivos "MODO-DE-APRESENTAÇÃO" e "NODO".

3.5. Programação de um Módulo de Avaliação do Estudante

Para que esse tipo de avaliação seja implantada no computador, é necessário realizar a aquisição dos conhecimentos relevantes junto a um professor ou pessoa experiente no ensino, e modelar a representação desses conhecimentos numa base desconhecida.

mentos, para que possam ser usados por um programa de inferência.

A mesma coisa acontece com relação à determinação das características do estudante e de seus modos preferidos de aprendizagem. É necessário montar uma base de regras a partir de alguém experiente na determinação da personalidade de pessoas. Um psicólogo, por exemplo.

3.6. Análise Ergonômica e Didática da Utilização do Sistema e Correções

Assim que o sistema EIAE for concluído, provavelmente ainda haverá muitos pontos que estarão inadequados. Haverá muitos pontos que não se adaptam completamente à natureza humana dos estudantes. Por isso, a utilização do sistema pelos estudantes deve ser observada, e as falhas, tanto do ponto de vista ergonômico quanto didático, devem ser identificadas e corrigidas.

Na verdade as falhas de natureza ergonômica e didática se confundem. Um exemplo de falha é apresentar ao estudante informações que, para serem bem compreendidas, exigem o inteiro domínio de outras informações que não estão completamente registradas na memória de longo termo ainda. O sistema deve se assegurar que o estudante tem os conhecimentos bem fixados antes de prosseguir com a instrução.

Outra falha é não prover aos estudantes um número suficiente de exemplos, impossibilitando que eles criem uma imagem do assunto condizente com a realidade.

4. Conclusão

O modelo de sistema EIAC sugerido neste capítulo é um esboço inicial. Naturalmente, por ser teórico, não deve estar completo. É necessário implantá-lo para corrigi-lo e desenvolvê-lo. O principal módulo a ser estudado e desenvolvido ainda, é o módulo de avaliação. Deve-se definir com maior precisão como efetuar a avaliação, em que momento, etc. Além disso, é preciso que sejam desenvolvidos os sistemas especialistas que façam a avaliação cognitiva e comportamental do estudante, o que parece ser uma tarefa bastante complexa.

Contudo, apesar da falta de aprofundamento em alguns tópicos, a formulação deste modelo encurtou o caminho para os futuros trabalhos a serem desenvolvidos nesta área.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSOES E SUGESTOES DE FUTUROS TRABALHOS

1. Conclusões

Apesar de não ter sido desenvolvido um protótipo de Sistema Inteligente de Ensino Assistido por Computador, chegou-se a um modelo preliminar de um sistema EIAC. Outras conclusões muito importantes relacionadas ao trabalho são apresentadas a seguir:

a) a determinação do conteúdo a ser apresentado e da forma desse conteúdo deve ser feita a partir de análises empíricas na sala de aula.

b) é fundamental a construção de um Modelo do Estudante dinâmico, que contenha uma descrição do estudante sempre atualizada.

c) é importante dividir o conhecimento em elementos básicos. Por isso o hipertexto se adequa muito como modo de apresentação de informações.

d) a excelência do conteúdo dos nodos não depende do computador, e sim da criatividade e competência de quem os cria.

e) os principais méritos do computador são a capacidade do uso intensivo de recursos gráficos e a capacidade de avaliar e adaptar-se ao estudante.

f) existe uma limitação na comunicação no sentido estudante-computador.

g) o grande problema dos sistemas EIAC é a inflexibilidade com relação à aquisição de conhecimentos do estudante por parte do sistema.

h) o desenvolvimento de um sistema flexível de aquisição de conhecimentos representaria um avanço ímpar na construção de sistemas EIAC.

i) a grande dificuldade dos sistemas EIAC é compreender as dúvidas do estudante.

j) a dificuldade de compreensão do estudante pode ser atacada de quatro maneiras.

- aprimorar os sistemas de compreensão de linguagem.
- verificar a compreensão que o estudante tem do assunto tratado a intervalos bastante reduzidos.
- usar uma linguagem de manipulação de conhecimentos que seja de fácil compreensão para o computador.
- produzir material de ensino de auto nível que minimize o surgimento de dúvidas para o estudante.

l) outra desvantagem dos sistemas EIAC é o custo do equipamento necessário para instalá-lo e também o custo de desenvolvimento do sistema.

m) a consideração de conceitos de ergonomia cognitiva e de interfaces é um fator fundamental para o sucesso do sistema.

2. Sugestões de Futuros Trabalhos

Como sugestões de futuros trabalhos, para dar continuidade a este, temos o seguinte:

a) o desenvolvimento de um sistema flexível de aquisição de conhecimentos.

b) o desenvolvimento do conjunto de sistemas especialistas responsáveis por:

- avaliar o que o estudante conhece.
- avaliar seus conhecimentos errados.
- realizar uma análise ergonômica do comportamento do

estudante.

c) formalizar estratégias de apresentação de conhecimentos e técnicas para desenvolver cada uma delas.

d) aprimorar o modelo do estudante.

e) formalizar maneiras de tornar mais eficaz a transferência de informações entre o estudante e o computador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANANDA, A. L., GUNASINGHAM, H., HOE, K. Y., TOH, Y. F. Design of an On-line Examination System. Computer & Education, Pergamon Press, v.13, n. 1, p. 45-52, 1989.
2. AKSCYN, Robert M., McCracken, Donald L., YODER, Elise A. KMS: A Distributed Hypermedia System for Managing Knowledge in Organizations. Communications of the ACM, USA, v. 31, n. 7, p. 820-835, jul. 1988.
3. BARTHET, Marie-France Logiciels Interactifs et Ergonomie: Modèles et Méthodes de Conception. Bordas, Paris, 1988, ISBN 2-04-018726-X.
4. BEGEMAN, Michael L., CONKLIN, Jeff The Right Tool for the Job. Byte, USA, v. 13, n. 10, p. 255-266, oct. 1988.
5. BENNETT, J. L. Tools for Building Advanced User Interfaces. IBM Systems Journal, USA, v. 25, ns. 3/4, p. 354-367, 1986.
6. BORLAND International. Turbo Prolog: User's Guide. Version 2.0. Scotts Valley, 1988.

7. BUMBACA, Federico Intelligent Computer-Assisted Instrution: A Theoretical Framework. International Journal of Man-Machine Studies, Academic Press Inc., London, v. 29, p.227-255, 1988.
8. CHORAFAS, Dimitris N. Applying Expert Systems in Business. McGraw-Hill Inc., USA, 1987, ISBN 0-07-010880-3.
9. CLANCEY, W. J. Classification Problem Solving. Proceedings of the American Association of Artificial Intelligence, 1984, p. 49-55.
10. DAVIDOFF, Linda L. Introdução à Psicologia. McGraw-Hill, 1976.
11. DEDE, Christopher A Review and Synthesis of Recent Research in Intelligent Computer-Assisted Instruction. International Journal of Man-Machine Studies, Academic Press Inc., London, v. 24, p. 329-353, 1986.
12. DI SESSA, A. A. Unlearning Aristolian Physics: A Study of Knowledge-Based Learning. Cognitive Science, v. 6, p. 37-75, 1982.
13. DOS SANTOS, Neri Ergonomia Cognitiva. Apostila do PPGEF UFSC, Florianópolis, 1990.

14. DUCHASTEL, Philippe ICAI Systems: Issues in Computer Tutoring. Computer & Education, Pergamon Press, v.13, n. 1, p. 95-100, 1989.
15. FIDERIO, Janet A Grand Vision. Byte, USA, v. 13, n. 10, p. 237-244, oct. 1988.
16. FRISSE, Mark From Text to Hypertext. Byte, USA, v. 13, n. 10, p. 247-252, oct. 1988.
17. FRISSE, Mark Searching for Information in a Hypertext Medical Handbook. Communications of the ACM, USA, v. 31, n. 7, p. 880-895, jul. 1988.
18. GESSNER, Rick Building a Hypertext System. Dr. Dobb's Journal, USA, p. 22-32, jun. 1990.
19. GOKTEPE, Mesut, OZGUÇ, Bulent, BARAY, Mehmet Design and Implementation of a Tool for Teaching Programming. Computer & Education, Pergamon Press, v.13, n. 2, p. 167-178, 1989.
20. HALASZ, Frank G. Reflections on Notecards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems. Communications of the ACM, USA, v. 31, n. 7, p. 836-851, jul. 1988.
21. HARMON, Paul, KING, David Expert Systems. John Wiley & Sons, Inc., USA, 1985.

22. HAYES-ROTH, Frederick, WATERMAN, Donald A., LENAT, Douglas B.
Building Expert Systems. Addison-Wesley Publishing Company,
USA, 1983, ISBN 0-201-10686-8.
23. JOHNSON, J. Scott The DDJ Hypertext Project. Dr. Dobb's
Journal USA, p. 16-18, jun. 1990.
24. JOHNSON, P. E. The Expert Mind: A New Challenge for the In-
formation Scientist. Belmans, T., Ed., Beyond Productivity:
Information Systems Development for Organizational Effecti-
veness. Elsevier, New York.
25. JOYCE, Bruce R., WEIL, Marsha Models of Teaching. Prentice-
Hall Inc., New Jersey, 3rd edition, 1986, ISBN
0-13-586348-1.
26. KING, Todd A Self-referencial Hypertext Engine. Dr. Dobb's
Journal, USA, p. 34-38, jun. 1990.
27. LARKIN, J. et al. Expert and Novice Performance in Solving
Physics Problems. Science, n. 208, p. 1335-1342.
28. NIEVERGELT, Jurg A Pragmatic Introduction to Courseware De-
sign. Computer, USA, p. 7-21, set. 1980.
29. NOTENBOOM, Leo, VOSE, Michael Building an Eficient Help Sys-
tem. Dr. Dobb's Journal, USA, p. 40-48, jun. 1990.

30. PEACHEY, Darwyn R., McCALLA, Gordon I. Using Planning Techniques in Intelligent Tutoring Systems. International Journal of Man-Machine Studies, Academic Press Inc., London, v. 24, p. 77-98, 1986.
31. PIAGET, Jean Educación e Instrucción. 2. ed. Buenos Aires : Proteo, 1970.
32. PICARD, Muriel, BRAUN, Gilles Les Logiciels Educatifs. Collection "Que sais-je?". Presses Universitaires de France, 1^{re} édition, 1987, Paris.
33. RICH, Elaine Inteligência Artificial. McGraw-Hill, São Paulo, 1988.
34. SCAPIN, Dominique L. Guide Ergonomique de Conception des Interfaces Homme-Ordinateur. Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, France, oct. 1986.
35. SHANK, Roger The Cognitive Computer. Addison-Wesley Publ. Company, Inc., 1984.
36. SKINNER, Burrhus Frederic The Technology of Teaching. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 1968.
37. SMITH, John B., WEISS, Stephen F. Hipertext. Communications of the ACM, USA, v. 31, n. 7, p. 816-819, jul. 1988.

38. VALENTIN A., LUCONGSANG, R. L'Ergonomie des Logiciels. Collection Outils et Méthodes. ANACT, 1987, ISBN 2-903540-37-3.
39. VERGARA, Walter Hernández. Resolução de Problemas Baseado no Conhecimento Humano: As contribuições da Psicologia e da Inteligência Artificial à Ergonomia. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, ago. 1990.
40. WATERMAN, Donald A. A Guide to Expert Systems. Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1986, ISBN 0-201-08313-2.
41. WOOLF, Beverly, McDONALD, David D. Building a Computer Tutor: Design Issues. Computer, USA, set. 1984.